

Université de Montréal

**L'Approche Psycholinguistique de la Mémoire à Court Terme Verbale :  
Études Neuropsychologiques**

par  
Véronique Chassé

Département de Psychologie  
Faculté des Arts et des Sciences

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures  
en vue de l'obtention du grade de Ph.D.  
en psychologie - recherche et intervention  
option neuropsychologie clinique

Novembre 2009

©, Véronique Chassé, 2009

Université de Montréal  
Faculté des Arts et des Sciences

Cette thèse intitulée :  
L'Approche Psycholinguistique de la Mémoire à Court Terme Verbale:  
Études Neuropsychologiques

Présentée par :  
Véronique Chassé

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Nicole Caza,  
présidente – rapporteuse

Sylvie Belleville  
directrice de recherche

Sven Joubert  
membre du jury

Joël Macoir  
examineur externe

Rénée Béland  
représentante du doyen

## RÉSUMÉ

L'approche psycholinguistique suggère que la rétention à court terme verbale et le langage dépendent de mécanismes communs. Elle prédit que les caractéristiques linguistiques des items verbaux (e.g. phonologiques, lexicales, sémantiques) influencent le rappel immédiat (1) et que la contribution des niveaux de représentations linguistiques dépend du contexte de rappel, certaines conditions expérimentales (e.g. format des stimuli) favorisant l'utilisation de codes spécifiques (2). Ces prédictions sont évaluées par le biais de deux études empiriques réalisées auprès d'une patiente cérébralisée qui présente une atteinte du traitement phonologique (I.R.) et de participants contrôles. Une première étude (Article 1) teste l'impact des modes de présentation et de rappel sur les effets de similarité phonologique et de catégorie sémantique de listes de mots. Une seconde étude (Article 2) évalue la contribution du code orthographique en mémoire à court terme (MCT) verbale en testant l'effet de la densité du voisinage orthographique des mots sur le rappel sériel immédiat de mots présentés visuellement. Compte tenu du rôle déterminant du code phonologique en MCT et du type d'atteinte de I.R., des effets linguistiques distincts étaient attendus chez elle et chez les contrôles. Selon le contexte de rappel, des effets sémantiques (Article 1) et orthographiques (Article 2) plus importants étaient prédits chez I.R. et des effets phonologiques plus marqués étaient attendus chez les participants contrôles. Chez I.R., le rappel est influencé par les caractéristiques sémantiques et orthographiques des mots, mais peu par leurs caractéristiques phonologiques et le contexte de rappel module l'utilisation de différents niveaux de représentations linguistiques. Chez les contrôles, une contribution relativement plus stable des

représentations phonologiques est observée. Les données appuient une approche psycholinguistique qui postule que des mécanismes communs régissent la rétention à court terme verbale et le langage. Les implications théoriques et cliniques des résultats sont discutées en regard de modèles psycholinguistiques actuels.

*Mots-clés :* Mémoire à court terme verbale, Modèles psycholinguistiques, Neuropsychologie, Rappel sériel immédiat, Ordre, Item, Représentations phonologiques, Représentations sémantiques, Code orthographique, Voisinage orthographique.

## SUMMARY

The psycholinguistic view of verbal short-term retention suggests that verbal short-term retention and language processing rely on common mechanisms. It predicts that all linguistic characteristics of verbal items (e.g. phonological, lexical, semantic) influence their immediate recall (1). It also predicts that the relative contribution of the different linguistic representational levels is a function of the recall context (2). In this view, some experimental conditions (e.g. modes of presentation of stimuli) are thought to promote the use of specific coding. Two studies assess these predictions in a brain-damaged patient (I.R.) who shows a phonological deficit as well as in control participants. In a first article, the impact of presentation and recall modes on phonological and semantic similarity effects of words is tested. In a second article, the contribution of orthographic coding in verbal short-term memory (STM) is assessed by testing the effect of orthographic Neighborhood (N) density of words on immediate serial recall (ISR) of written words. Due to her phonological deficit and because phonological representations play a predominant role in STM, distinct linguistic effects were expected in I.R. and in controls. Overall, (and) depending on the recall context, larger semantic and orthographic effects were predicted in I.R. and larger phonological effects were predicted in controls. In I.R., the data indicate that recall is influenced by semantic and orthographic characteristics of items but less by their phonological properties. The results also indicate that the impact of representations depends of recall conditions. In controls, a different pattern of results is obtained, suggesting an overall predominant contribution of phonological representations. Results support the psycholinguistic view of verbal short-term

retention and are discussed in regard to current interactive activation psycholinguistic models of verbal STM and language processing.

*Key-words:* Short-Term Memory, Psycholinguistic models, Neuropsychology, Immediate serial recall, Order, Item, Phonological representation, Semantic representation, Orthographic coding, Orthographic Neighborhood.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Page de titre.....</b>	<b>i</b>
<b>Page d'identification du jury.....</b>	<b>ii</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>iii</b>
<b>RÉSUMÉ EN ANGLAIS.....</b>	<b>v</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS.....</b>	<b>xi</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>xii</b>
 <b>CHAPITRE 1- Introduction.....</b>	 <b>1</b>
1.1. <b>Conception Classique de la Mémoire à Court Terme.....</b>	<b>3</b>
1.1.1. <b>Un système indépendant de la mémoire à long terme.....</b>	<b>3</b>
1.1.2. <b>Un système indépendant du traitement du langage.....</b>	<b>6</b>
1.1.3. <b>La boucle phonologique de la mémoire de travail.....</b>	<b>8</b>
1.2. <b>Données Mettant en Cause le Modèle de la Boucle</b>	
<b>Phonologique.....</b>	<b>9</b>
1.2.1. <b>Études expérimentales chez le jeune adulte.....</b>	<b>9</b>
1.2.2. <b>Études expérimentales chez les personnes avec lésions</b>	
<b>cérébrales.....</b>	<b>11</b>
1.3. <b>Conceptions Théoriques Alternatives au Modèle de la Boucle</b>	
<b>Phonologique.....</b>	<b>13</b>
1.3.1. <b>Modèle révisé de la mémoire de travail.....</b>	<b>14</b>
1.3.2. <b>Les approches procéduraliste et psycholinguistique.....</b>	<b>15</b>
1.3.2.1. <b>Modèle d'activation interactive de la rétention à</b>	
<b>court terme verbale.....</b>	<b>17</b>
1.4. <b>Enjeux Faisant l'Objet de cette Thèse.....</b>	<b>21</b>
1.4.1. <b>Impact des modes d'entrée et de sortie sur les effets</b>	
<b>linguistiques.....</b>	<b>22</b>
1.4.2. <b>Rôle de l'ordre et de l'item.....</b>	<b>23</b>

1.4.3.	<b>Rôle du code orthographique en mémoire à court terme verbale.....</b>	<b>25</b>
1.4.4.	<b>Sommaire des principaux enjeux.....</b>	<b>27</b>
1.5.	<b>Présentation des Articles de la Thèse.....</b>	<b>27</b>
1.5.1.	<b>Article 1: Effets des modes de présentation et de rappel sur les effets phonologique et sémantique.....</b>	<b>27</b>
1.5.2.	<b>Article 2 : Contribution du code orthographique en mémoire à court terme verbale.....</b>	<b>29</b>
1.6.	<b>Résumé, Objectifs et Hypothèses Générales.....</b>	<b>30</b>
<b>CHAPITRE 2 – Article 1.....</b>		<b>31</b>
<b>Input and Output modes Modulate Phonological and Semantic Contributions to Immediate Serial Recall: Evidence from a Brain-Damaged Patient</b>		
<b>CHAPITRE 3- Article 2.....</b>		<b>90</b>
<b>Contribution of Orthographic Coding to Verbal Short-Term Memory: Evidence from the Orthographic Neighborhood Effect</b>		
<b>CHAPITRE 4- Discussion.....</b>		<b>141</b>
4.1.	<b>Article 1 : Effets des Modes de Présentation et de Rappel sur les Effets Phonologiques et Sémantiques.....</b>	<b>143</b>
4.1.1.	<b>Implications Théoriques.....</b>	<b>145</b>
4.1.2.	<b>Limites.....</b>	<b>149</b>
4.2.	<b>Article 2 : Contribution du Code Orthographique en Mémoire à Court Terme Verbale.....</b>	<b>151</b>
4.2.1.	<b>Implications Théoriques.....</b>	<b>152</b>
4.2.2.	<b>Limites.....</b>	<b>154</b>
4.3.	<b>Implications Cliniques Générales de la Thèse.....</b>	<b>155</b>
4.4.	<b>Perspectives Futures.....</b>	<b>157</b>
4.5.	<b>Conclusion.....</b>	<b>159</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>		<b>161</b>



## LISTE DES TABLEAUX

### CHAPITRE 2-Article 1

Table 1 : I.R.'s results on additional language tasks.....	68
Table 2 : Percent serial recall on span-adjusted lists for phonologically dissimilar and similar items.....	69
Table 3 : Percent serial recall as function of recall mode and effects scores with word presentation (Study 1).....	70
Table 4 : Percent serial recall as function of recall mode and effects scores with picture presentation in controls and I.R. (Study 1).....	71
Table 5 : Order error rates as function of presentation mode, recall mode and list type (Study 1).....	72
Table 6 : Summary of predictions and findings in regard to impact of input mode on phonological and semantic effects (Study 1).....	73
Table 7 : Summary of predictions and findings in regard to impact of output mode on phonological and semantic effects in controls and I.R. ....	74
Table 8 : Percent serial recall as a function of recall mode and effect scores in controls and I.R. (Study 2).....	75
Table 9 : Order error rates as function of List type under Reproduction.....	76
Table 10 : Summary of predicitions and findings in regard to impact of output mode on phonological and semantic effects (Study 2).....	77
Appendix A : Items used in Study 1	
Table A1 : Word presentation. ....	78
Table A2 : Picture presentation. ....	79
Appendix B : Items used in Study 2	
Table B1 : Items used in Study 2.....	80

### CHAPITRE 3-Article 2

Table 1 : I.R.'s results on standardized tests of language.....	120
Table 2 : I.R.' results on additional language tasks.....	121
Table 3 : Percent serial recall as function of word set in Experiment 1 (Orthographic N size effect).....	122
Table 4 : Error Patterns in serial recall for each word set in Experiment 1 (Orthographic N size effect).....	123
Table 5 : Percent serial recall as function of word set in Experiment 1 (Phonological N size effect).....	124
Table 6 : Error patterns in serial recall for each word set in Experiment 1 (Phonological N size effect).....	125
Table 7 : Percent serial recall as function of word set in Experiment 2 (Orthographic N size effect).....	126
Table 8 : Error patterns in serial recall for each word set in Experiment 2...127	
Table 9 : Percent serial recall as function of word set in Experiment 3 (Phonographic effect).....	128

Table 10 : Error patterns in serial recall for each word set in Experiment 3.....	129
Appendix A: Words used in Experiment 1	
Table A1: Words used to assess the Orthographic N size effect.....	130
Table A2: Words used to assess the phonological neighborhood size effect.....	131
Appendix B : Words used in Experiment 2	
Table B 1: Words used to assess the orthographic N size and neighborhood frequency effect.....	132
Appendix C : Words used in Experiment 3	
Table C1: Words used to assess the phonographic effect.....	133

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

ANOVA : analysis of variance  
AVC : Accident vasculaire cérébral  
B : Base  
CT-Scan: Computerized tomography scan  
D : Dissimilar  
I.Q.: Intellectual quotient  
ISR : Immediate serial recall  
MCT : Mémoire à court terme  
MLT : Mémoire à long terme  
MSE : Mean standard error  
N : Neighborhood  
PE : Phonological effect  
PG : Phonographic  
PN : Phonological Neighborhood  
PS : Phonological similarity  
ON : Orthographic Neighborhood  
RSI : Rappel sériel immédiat  
SC : Same category  
SD : Standard deviation  
SE : Semantic effect  
STG: superior temporal gyrus  
STM : Short-term memory

## REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier chaleureusement Sylvie Belleville, qui me supervise depuis plusieurs années déjà. Tout au long de mon cheminement académique, sa rigueur scientifique, sa vivacité d'esprit, son incroyable enthousiasme et son dévouement pour la recherche clinique n'ont cessé de m'impressionner. Je lui suis reconnaissante pour la bienveillance, la générosité et la sensibilité dont elle a fait preuve durant cette aventure.

J'aimerais également remercier les étudiants et employés de mon laboratoire, qui m'ont soutenue aux différentes étapes de l'élaboration de ce projet. Je remercie plus particulièrement Émilie Lepage qui m'a généreusement aidée lors de mon entrée au CRIUGM. Merci également à mon cher ami Bernard Bouchard, pour m'avoir patiemment aidé à enregistrer mon matériel et pour m'avoir offert son soutien bien au-delà de sa définition de tâche! Je remercie aussi les membres du personnel informatique du CRIUGM (Johanne Landry, Marcello Sequeira, Dominic Beaulieu et Marc Filarétos), de même que Francine Giroux, statisticienne, pour leur disponibilité et leur gentillesse.

Je ne peux omettre de remercier les participants qui se sont pliés de bonne grâce à de longues heures d'apprentissage de listes de mots. Parmi ceux-ci, une pensée toute spéciale pour I.R., une femme dynamique et généreuse qui demeurera toujours pour moi un magnifique exemple de résilience. Merci également à Z.T. et R.O.L., deux patients que j'ai brièvement évalués au début de ma thèse et qui m'ont également beaucoup touchée.

J'aimerais aussi exprimer ma gratitude aux professeurs et superviseurs qui, à différents moments, m'ont inspirée et soutenue au cours de mon cheminement académique, en particulier Yves Joanette, Bernadette Ska et Michelle McKerral, auprès de qui j'ai travaillé de façon plus particulière comme assistante de recherche et assistante de stage. De même, j'adresse une pensée spéciale à mes superviseurs cliniques, et plus particulièrement à Paule Hardy et Diane Martineau, qui m'ont toute deux supervisée avec générosité et enthousiasme lors de mon internat; je n'aurais pu avoir de meilleurs mentors.

Mes études doctorales m'ont conduite à nouer de précieuses amitiés. Merci à Sylvia Villeneuve, pour son écoute, sa franchise et son optimisme qui fait du bien. Merci à Sara Bélanger pour m'avoir encouragée à franchir le pas du côté de la neuropsychologie clinique, malgré mes réticences initiales. Merci également à Élisabeth Perreau-Linck, Jessica Massicotte-Marquez, Anne-Laure Macé, Anne Gallagher et Francis Clément, sans qui je ne m'en serais jamais sortie! De même, toute ma gratitude va à mes « vieux » copains et copines : Julie Lafrenière, Tommy Lavallée, Dan Nguyen, Ariane Deblois, Rosemarie Carlos, et tous les autres.

Enfin, j'aimerais remercier Esteban Benavides Yates, qui m'a supportée dès le début de cette entreprise de longue haleine et a su me sauver, même de loin, de nombreuses traversées du désert. Je remercie également ma sœur adorée, Marie-France Chassé, pour sa loyauté, son indéfectible confiance en moi et ses encouragements constants. Enfin, je remercie affectueusement mes parents, Gilles Chassé et Nicole Beaulieu, pour avoir, par leurs attentions et leur présence, incontestablement adouci le parcours ayant mené à l'aboutissement de cette thèse.

*« Je n'ai pas de mémoire,  
j'ai des souvenirs. »*

*Jeanne Moreau*

## **CHAPITRE 1**

### **Introduction**

De façon classique, la mémoire à court terme (MCT) verbale est définie comme un système cognitif indépendant dont le rôle est le maintien temporaire d'une quantité limitée d'informations verbales. Elle est le plus souvent conçue comme étant fonctionnellement distincte des autres systèmes de traitement de l'information. Ce caractère modulaire et autonome de la MCT verbale est désormais remis en cause par un nombre croissant d'études qui montrent que des représentations linguistiques variées (ex. phonologiques, lexicales, sémantiques<sup>1</sup>) contribuent au rappel immédiat. Ces travaux appuient une conception procéduraliste et psycholinguistique de la MCT verbale, qui suggère que la rétention à court terme et le traitement langagier dépendent de mécanismes communs.

L'objectif général de cette thèse est d'évaluer de façon empirique l'approche psycholinguistique de la mémoire en faisant appel à des données issues de la neuropsychologie cognitive. Contrairement aux modèles classiques de la MCT verbale, les modèles psycholinguistiques prédisent une contribution des différentes représentations linguistiques au rappel sériel immédiat (RSI), dont l'ampleur devrait varier en fonction des caractéristiques de la tâche. L'effet des caractéristiques phonologiques, sémantiques et orthographiques des stimuli verbaux sur le RSI est mesuré par l'entremise de différents paradigmes. Ces prédictions sont évaluées chez une patiente cérébrolésée qui souffre d'une atteinte sélective du traitement phonologique de l'information verbale (I.R.), et chez des personnes qui ne présentent pas d'atteinte neurologique.

---

<sup>1</sup> La notion de « représentations sémantiques » ne renvoie pas à celle de représentations linguistiques dans la plupart des modèles théoriques. Toutefois, elles sont conçues comme telles par certains modèles psycholinguistiques de la rétention à court terme verbale, à l'intérieur desquelles elles sont opposées à une sémantique « conceptuelle » renvoyant aux représentations nonverbales d'un concept (e.x. : Martin & Ayala, 2004).



Deux articles empiriques composent cette thèse. Ils sont précédés d'un contexte théorique qui relate les principales avancées scientifiques ayant conduit à l'élaboration de l'approche psycholinguistique de la mémoire. Ce contexte théorique comprend d'abord une description des appuis et principes qui sous-tendent une conception plus classique de la MCT verbale. Afin d'illustrer ce courant, le modèle de la boucle phonologique, qui correspond à l'une des conceptions les plus répandues de la MCT verbale, est présenté. Les limites d'une telle approche sont ensuite soulignées. L'approche procéduraliste et psycholinguistique de la MCT verbale est par la suite décrite. Une attention particulière est accordée au modèle d'activation interactive de Martin & Saffran (1997), qui constitue le cadre théorique principal de la présente thèse. Suivant cette présentation de la littérature, les objectifs et hypothèses des deux articles sont présentés.

## **1.1. Conception Classique de la Mémoire à Court Terme**

### **1.1.1. Un Système Indépendant de la Mémoire à Long Terme**

L'idée d'un système spécifiquement dédié à la MCT n'est pas récente. Au début du siècle dernier, James (1890) définit la mémoire primaire comme étant « l'idée qu'il garde à l'esprit dans un présent trompeur ». Il oppose cette notion à celle de la mémoire secondaire, qu'il associe plutôt à un « entrepôt ». Le courant behavioriste met par la suite en veilleuse ces notions pendant plusieurs années. Celles-ci ressurgissent pendant les années 50, avec l'émergence de la révolution cognitive. Ainsi, au cours des années 60, des chercheurs issus de la psychologie expérimentale définissent la MCT comme un système cognitif dont le rôle est le maintien temporaire (ex. de l'ordre de 30 secondes ou moins : Atkinson, & Shiffrin, 1968) d'une quantité limitée d'information (ex. Miller,

1956). À l'instar des concepts de mémoire primaire et de mémoire secondaire élaborés par James, la MCT est alors opposée à la mémoire à long terme (MLT).

Les deux systèmes mnésiques que sont la MCT et la MLT sont ainsi associés à des tâches spécifiques. La MCT verbale est typiquement évaluée à l'aide du rappel sériel immédiat (RSI), qui consiste à rappeler dans l'ordre de courtes séquences d'items verbaux immédiatement après leur présentation. Le RSI se distingue du rappel libre, qui consiste à rappeler des listes d'items verbaux sans contrainte d'ordre particulière. Lorsqu'ils sont illustrés graphiquement, les résultats obtenus en rappel libre forment une courbe de position sérielle en « u », les premiers et les derniers items présentés étant les mieux mémorisés. Glanzer & Cunitz (1966) montrent que la vitesse de présentation des items influence l'effet de primauté (meilleur rappel des premiers items présentés), mais que le délai entre la présentation des items et le rappel affecte plutôt l'effet de récence (meilleur rappel des derniers items présentés). De façon classique, les extrémités de la courbe de position sérielle sont ainsi respectivement associées à la mémoire à court et à long terme. D'autres paradigmes, tels le Brown-Peterson<sup>2</sup> ou le paradigme de Hebb<sup>3</sup> mesurent également conjointement les capacités en mémoire à court et à long terme.

L'indépendance fonctionnelle de la MCT verbale par rapport à la MLT est appuyée par des études qui montrent que le RSI est influencé par des variables qui n'ont pas d'effet en MLT. Ainsi l'effet de longueur de mots sur le RSI (moins bon rappel des mots longs que des mots courts) suggère le recours à un code articulatoire propre à la MCT verbale (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, Thompson, & Buchanan, 1975). De même, l'effet de similarité phonologique (moins bon rappel des items phonologiquement

---

<sup>2</sup> Tâche qui consiste à rappeler des trigrammes de lettres à la suite d'intervalles de temps variables pendant lesquels une tâche d'interférence est présentée (Brown, 1958; Peterson & Peterson, 1959).

<sup>3</sup> Tâche d'apprentissage implicite qui consiste à rappeler des séquences de neuf chiffres sans savoir que quatre des chiffres présentés sont identiques et présentés dans le même ordre (Hebb, 1961).

similaires que des items phonologiquement dissimilaires) serait robuste en MCT (ex. Baddeley, 1966b; Conrad & Hull, 1964; Murray, 1967), mais ne serait pas observé en MLT (ex. Baddeley, 1966a).

Au courant des années 60, l'hypothèse de systèmes de MCT et de MLT indépendants est également appuyée par les premières descriptions de patients cérébrolésés souffrant d'une atteinte mnésique spécifique. C'était le cas en particulier des premières études de Milner (ex. 1966) auprès du patient H.M.. En 1953, une intervention chirurgicale de dernier recours visant à traiter une condition épileptique sévère laisse ce dernier avec une amnésie antérograde sévère. L'opération consiste en une résection bilatérale du cortex temporal médian, impliquant la destruction des deux tiers de l'hippocampe et du gyrus hippocampique (Scoville & Milner, 1957). Bien qu'il soit désormais incapable de faire de nouveaux apprentissages, les capacités de rétention en MCT de H.M. demeurent intactes (Milner, 1966). Un tel profil mnésique est corroboré par d'autres études. Ainsi, Baddeley & Warrington (1970) montrent que des patients amnésiques obtiennent des résultats comparables à la norme dans des tâches évaluant la MCT verbale (ex. empan de chiffres), mais éprouvent des difficultés à certaines épreuves de MLT (ex. apprentissage de paires associées)<sup>4</sup>.

La description de patients qui présentent une atteinte « sélective » de la MCT verbale vient, quant à elle, valider l'idée d'un système de stockage temporaire indépendant. Un premier cas (K.F.) est décrit par Warrington & Shallice (1969). K.F. montre un empan auditivo-verbal réduit (ex. empan de chiffres =1), un faible effet de récence en rappel libre (associé à la MCT) et une courbe aplatie aux délais du Brown-

---

<sup>4</sup> Bien qu'interprétés en faveur d'un modèle dualiste, deux des résultats de Baddeley & Warrington (1970) ne sont pas totalement conformes à leurs prédictions. En effet, les patients amnésiques présentent une courbe d'oubli comparable à celles des contrôles au Brown-Peterson et ils montrent un apprentissage comparable à celui des contrôles au paradigme de Hebb.

Peterson. L'étude du patient K.F. est la première d'une série d'études de cas décrivant des patients qui montrent une atteinte dite « sélective » de la MCT verbale (pour une revue, voir Shallice & Vallar, 1990). Celle-ci est dite sélective parce que ces patients ne montrent pas d'atteinte aux tâches classiques évaluant la MLT, tel que le rappel d'histoires.

### **1.1.2. Un Système Indépendant du Traitement du Langage**

Les patients montrant une atteinte dite « pure » de la MCT verbale décrits ci-dessus ne présentent que peu ou pas d'atteinte langagière, appuyant l'hypothèse selon laquelle la MCT serait un système indépendant du traitement du langage. Selon Warrington & Shallice (1969), les difficultés mnésiques de K.F., par exemple, ne sauraient être attribuées à des problèmes de langage au premier plan, celles-ci étant également présentes dans des tâches de mémoire immédiate qui ne reposent pas sur ses capacités articulatoires (ex. tâche de reconnaissance de séquences d'items par pointage). L'étude de la patiente J.B. vise plus directement à distinguer la MCT du traitement langagier (Shallice & Butterworth, 1977). J.B. rencontre les critères d'une atteinte « pure » de la MCT verbale : elle montre un empan auditivo-verbal réduit (empan de chiffres = 3), une faible performance au Brown-Peterson et une diminution de l'effet de récence. J.B. ne montre toutefois pas de difficulté perceptuelle (Warrington, Logue, & Pratt, 1971), ni d'atteinte langagière marquée (dénomination, lecture, épellation, langage spontané), à l'exception de difficultés « subtiles » touchant la compréhension du langage complexe (Shallice & Butterworth, 1977). Selon Shallice & Butterworth (1977), les difficultés de langage de J.B. seraient minimales, et ne pourraient expliquer ses faibles performances en rappel immédiat vu leur ampleur. À l'inverse, une atteinte du stock de la MCT pourrait expliquer ses légères difficultés de compréhension verbale, la rétention

à court terme de l'information phonémique étant utile lorsque l'information traitée est de nature complexe. De même, une atteinte du stock de la MCT pourrait expliquer les difficultés que présentent J.B. lors de la répétition de phrases qu'elles semblent, par ailleurs, globalement comprendre.

D'autres patients présentent un profil similaire à celui de J.B.. Parmi ceux-ci, la patiente P.V., décrite extensivement par Vallar & Baddeley (1984a; 1984b; Baddeley, Papagno, & Vallar, 1988), constitue un cas célèbre de la littérature sur la MCT verbale. P.V. montre une atteinte langagière minimale touchant essentiellement la compréhension verbale et la répétition de phrases, 23 mois post-AVC (Vallar & Baddeley, 1984b). Par ailleurs, son empan auditivo-verbal est réduit de façon disproportionnée comparativement à son atteinte linguistique (ex. empan de chiffres = 2). Tout comme K.F., cité précédemment, P.V. ne montre pas de meilleure performance au rappel lorsqu'une procédure de reconnaissance par pointage est utilisée. Vallar & Baddeley (1984a) mettent également évidence chez cette patiente l'absence d'effet de longueur de mots en modalité auditive ainsi que l'absence d'effet de similarité phonologique et d'effet de suppression articulatoire en modalité visuelle. Ils interprètent ces observations à la lumière du modèle de la mémoire de travail, décrit ultérieurement.

En somme, les premières études en psychologie cognitive et en neuropsychologie appuient l'existence d'un système de rétention à court terme fonctionnellement distinct à la fois des autres systèmes mnésiques et des mécanismes du traitement du langage. La révolution cognitive des années 60 donne lieu à l'élaboration de plusieurs modèles qui rendent compte de l'indépendance fonctionnelle de la MCT verbale. Parmi ceux-ci, le modèle de la boucle phonologique de la mémoire de travail (ex. Baddeley & Hitch,

1974; Baddeley, 1986) est probablement celui qui a eu le plus de retombées théoriques et cliniques.

### **1.1.3. La Boucle Phonologique de la Mémoire de Travail**

Dans sa version originale (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1986), la mémoire de travail est un système tripartite composé d'un « administrateur central », à la base du contrôle de l'action et de la gestion des ressources attentionnelles, du « calepin visuospatial », spécialisé dans le maintien de l'information visuospatiale et de la « boucle phonologique », responsable du maintien de l'information verbale. Puisque la boucle phonologique sous-tend la rétention à court terme verbale, une attention plus particulière lui est accordée ici.

La boucle phonologique comprend un stock phonologique ainsi qu'un processus d'autorépétition mentale ou de contrôle articulatoire (ex. Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1986). Ce sous-système rend compte des effets de similarité phonologique et de longueur de mots sur le RSI. Selon ce modèle, l'effet de similarité phonologique dépend du stock phonologique, et résulte de l'interférence entre les items phonologiquement semblables à l'intérieur du stock phonologique (ex. Baddeley, 1986). En d'autres termes, les items qui détiennent un moins grand nombre de traits distinctifs sont plus difficiles à récupérer quand ceux-ci se dégradent. L'effet de longueur de mots découle, quant à lui, du processus d'autorépétition mentale, le nombre d'items autorépétés étant fonction de la durée de l'articulation. Le modèle de la boucle phonologique postule que seule une présentation auditive autorise un accès direct au stock phonologique et qu'un matériel verbal présenté visuellement doit être transformé via le contrôle articulatoire avant d'être stocké. Ceci rend compte de l'absence d'effet de similarité phonologique (Vallar & Baddeley, 1984a) en condition de suppression

articulatoire lorsque le matériel est présenté visuellement. En effet, l'accès au stock est dépendant de l'autorépétition préalable du matériel. Puisque la suppression articulatoire entrave l'accès au stock, l'effet de similarité phonologique n'est pas observé. De même, l'effet de longueur de mots (Baddeley et al., 1975) n'est pas observé en condition de suppression articulatoire (que la présentation soit visuelle ou auditive) car celle-ci empêche l'autorépétition des items (Baddeley, Lewis, & Vallar, 1984).

De même, chez la patiente P.V., En s'appuyant sur l'observation des patients présentant une atteinte dite « pure » de la MCT - soit en l'absence de déficit langagier - le modèle de la mémoire de travail conçoit la MCT phonologique comme un sous-système discret isolé du traitement du langage.

## **1.2. Données Mettant en Cause le Modèle de la Boucle Phonologique**

### **1.2.1. Études Expérimentales chez le Jeune Adulte**

Le modèle de la mémoire de travail a eu une influence théorique et clinique considérable au cours des dernières décennies. Plusieurs de ses postulats ont toutefois été remis en cause (pour une argumentation critique, voir Nairne, 2002). Entre autres choses, l'un des postulats fondamentaux du modèle de la mémoire de travail est que la MCT verbale repose sur l'utilisation exclusive d'un code phonologique et que les représentations lexico- sémantiques des items verbaux n'ont pas d'impact sur le RSI. Or, l'absence de contribution des représentations sémantiques en MCT verbale n'a jamais été montrée de manière tout à fait convaincante par les premiers travaux qui ont testé leur impact sur le rappel (ex. Shulman, 1971; mais voir Baddeley, 1966a). Depuis ces premières études, les effets lexicaux et sémantiques des stimuli verbaux ont été appuyés par un large éventail de données. En effet, l'impact des caractéristiques lexicales des mots en MCT est aujourd'hui bien documenté chez les sujets normaux. Les mots sont ainsi mieux rappelés

que les pseudo-mots (Caza & Belleville, 1999; Hulme, Roodenrys, Brown, & Mercer, 1995; Saint-Aubin & Poirier, 2000), et cet effet n'est pas expliqué par la vitesse articulatoire (Hulme et al., 1991). Les mots ayant plusieurs voisins phonologiques sont mieux rappelés que les mots ayant peu de voisins phonologiques (Roodenrys, Hulme, Lethbridge, Hinton, & Nimmo, 2002; Allen & Hulme, 2006). De même, les mots fréquents sont mieux rappelés que les mots rares (Hulme et al., 1997).

L'impact des représentations sémantiques des items verbaux sur le rappel immédiat est également documenté dans la littérature, quoique de manière plus inconsistante. Les mots concrets sont mieux rappelés que les mots abstraits (Allen & Hulme, 2006; Walker & Hulme, 1999). Toutefois, les adjectifs reliés sémantiquement n'apparaissent pas mieux rappelés que les adjectifs sémantiquement non-reliés (Baddeley, 1966a). Les mots appartenant à une même catégorie sémantique sont mieux rappelés que les mots appartenant à différentes catégories, en condition de RSI (ex. Poirier & Saint-Aubin, 1995) et de rappel libre (Crowder, 1979; Poirier & Saint-Aubin, 1995) mais ne le sont pas en reconstruction<sup>5</sup> (Crowder, 1979; Saint-Aubin & Poirier, 1999). Caza & Belleville (1999) observent, quant à elles, un meilleur rappel pour des mots abstraits que pour des mots grammaticaux mais en utilisant un ensemble ouvert de stimuli et ayant recours à la suppression articulatoire concurrente (Caza & Belleville, 1999). En somme, conformément à l'analyse de Shulman (1971), qui proposait que les représentations sémantiques contribuent au rappel lorsque la tâche l'exige, les effets sémantiques en MCT semblent être partiellement tributaires des

---

<sup>5</sup> Paradigme de rappel immédiat où les items sont présentés en désordre au moment du rappel et qui repose dans une plus grande mesure sur la récupération de l'ordre en MCT (Murdock, 1976).



caractéristiques des tâches utilisées (ex. mode de rappel, propriétés sémantiques manipulées, ensemble ouvert ou fermé de stimuli).

### **1.2.2. Études chez les Personnes avec Lésions Cérébrales**

La contribution des représentations linguistiques en MCT verbale est également appuyée par la démonstration de corrélations entre les profils langagiers et mnésiques de patients cérébrolésés. Dans une étude classique, Allport (1983) suggère qu'une altération du code phonologique (qu'il associe à une capacité à se représenter les sons du langage distinctement et de manière stable), sous-tend les atteintes de la MCT auditivo-verbale chez les patients cérébrolésés. Allport étaye son hypothèse par la présentation de données recueillies auprès de patients aphasiques présentant une réduction sévère de l'empan auditivo-verbal. Il observe ainsi que la patiente J.B. (Shallice & Butterworth, 1977), mentionnée précédemment, ne montre certes pas d'atteinte phonologique dans les tâches cliniques classiques, mais présente des difficultés phonologiques marquées quand on fait appel à des tâches plus sensibles et notamment, des tâches de discrimination de phonèmes et de décision lexicale. De même, J.B. produit de nombreuses paraphasies phonémiques et verbales et montre de forts effets de fréquence et d'imageabilité en répétition de mots isolés. Selon Allport (1983), des difficultés de traitement du code phonologique pourraient à la fois expliquer les difficultés langagières et mnésiques de certains patients. La difficulté des patients à « reproduire » les mots entendus suggérerait ainsi la présence d'un continuum entre le langage et la MCT verbale. En d'autres termes, une atteinte langagière légère pourrait ne résulter qu'en un trouble de la MCT verbale.

Ce point de vue est ensuite endossé par de nombreux chercheurs. Au cours des dernières décennies, l'étude de patients cérébrolésés autorise ainsi les plus flagrantes démonstrations du rôle des représentations linguistiques en MCT verbale (Belleville,

Caza, & Peretz, 2003; Howard & Nickels, 2005; Martin & Saffran, 1997; Majerus, Van der Linden, Poncelet, & Metz-Lutz, 2004; ; Martin, Shelton, & Yaffee, 1994). L'analyse des effets phonologiques et sémantiques montrés chez ces patients, ainsi que celle des erreurs commises par ces derniers est révélatrice. Elles indiquent que le type de représentation qui contribue au rappel immédiat varie en fonction de la nature de l'atteinte des patients (phonologique vs sémantique).

Des associations sont ainsi établies entre les habiletés sémantiques et les effets lexico-sémantiques lors de tâches de RSI. Des difficultés aux tâches mesurant les habiletés sémantiques (ex.association nom-image, jugement de synonymie) sont associées à de faibles effets lexicaux (meilleur rappel pour des mots vs non-mots), de fréquence (meilleur rappel des mots fréquents que non fréquents) et d'imageabilité (meilleur rappel des mots hautement imageables vs peu imageables) (Caza & Belleville, 2002; Martin & Saffran, 1997). De même, les patients qui montrent une dégradation des représentations sémantiques (ex.dans la démence sémantique) présentent un meilleur rappel pour les mots « connus » (dont les représentations sémantiques sont préservées) que pour les mots « inconnus », bien que les mots inconnus aient conservé leur représentation lexicale (Caza, Belleville, & Gilbert, 2002; Knott, Patterson, & Hodges, 1997).

Des associations sont également établies entre les habiletés phonologiques mesurées par des tâches classiques de langage et les effets phonologiques en MCT verbale. Ainsi, les patients qui montrent des difficultés aux tâches évaluant les habiletés phonologiques (ex.discrimination de phonèmes et de jugement de rimes) ont un empan verbal réduit, sont peu sensibles aux effets de similarité phonologique et/ou aux effets de

longueur de mots (Belleville , Peretz, & Arguin, 1992.; Belleville et al., 2003; Majerus et al., 2004). En revanche, ils semblent utiliser davantage les propriétés sémantiques des items et montrent de forts effets lexico-sémantiques dans les tâches évaluant la rétention à court terme verbale (Belleville et al., 2003; Martin & Saffran, 1997; R.Martin et al. 1999). En plus du rôle des représentations phonologiques, lexicales et sémantiques, certains auteurs suggèrent une contribution possible des représentations orthographiques en MCT verbale (Howard & Nickels, 2005). Ce dernier point sera abordé ultérieurement.

### **1.3. Conceptions Théoriques Alternatives au Modèle de la Boucle Phonologique**

Le modèle de la boucle phonologique propose que le RSI dépend d'un système indépendant reposant sur un code phono-articulatoire. La forme originale du modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1986) est mise en difficulté par de nombreuses études montrant l'impact des différentes représentations du langage sur le rappel immédiat. La grande majorité des auteurs qui s'intéressent à la rétention à court terme de l'information verbale admettent aujourd'hui l'existence d'une relation entre cette dernière et le traitement du langage. L'importance de cette relation varie en fonction des modèles. Certains auteurs croient que les données ne sont pas suffisantes pour remettre en cause l'existence d'une MCT verbale distincte des systèmes de traitement de l'information verbale mais ils admettent que la MCT entretient probablement des relations fortes avec ces autres systèmes et proposent une révision du modèle. D'autres proposent, au contraire, qu'il y a suffisamment d'arguments empiriques pour remettre en cause les bases même du modèle dominant de la MCT verbale. Ils suggèrent donc des

mécanismes radicalement différents de ceux proposés dans ces modèles pour expliquer la rétention à court terme verbale. Ces deux positions seront décrites ultérieurement. Le point de départ de notre travail s'inscrivant dans la seconde approche, celle-ci fera l'objet d'une présentation plus détaillée que la première.

### 1.3.1. Modèle Révisé de la Mémoire de Travail

Afin de rendre compte des liens entre la MCT verbale et les mécanismes du langage et de la MLT, Baddeley (2000; 2002) modifie le modèle de la mémoire de travail et suggère l'ajout d'un *buffer épisodique* à son système tripartite initial. Cette modification est motivée par les résultats indiquant un effet des représentations lexico-sémantique sur le RSI mais aussi, par les études indiquant que la boucle joue un rôle dans l'apprentissage d'informations phonologiques lors de l'acquisition du langage (Gathercole & Baddeley, 1990) et l'apprentissage de mots nouveaux (Baddeley et al., 1988; Papagno & Vallar, 1995). Selon Baddeley, le *buffer* épisodique sert d'interface entre la MLT et les sous-systèmes que sont le calepin visuospatial et la boucle phonologique. Il est accessible via des processus exécutifs conscients, soit via l'administrateur central. Il a comme fonction la mise en commun et la transformation épisodique des informations en provenance des sous-systèmes et de la MLT et permet de mettre ensemble des informations pour en faire des épisodes intégrés. Le *buffer* constituerait ainsi une étape importante dans l'apprentissage épisodique. La mémoire de travail devient ainsi à même de manipuler et de créer de nouvelles représentations, plutôt que de se restreindre à activer des informations mémorisées (Baddeley, 2003).

En ce qui a trait plus spécifiquement à la MCT verbale, le modèle suggère désormais l'existence d'un rapport étroit entre la boucle phonologique et les mécanismes

de traitement du langage. En effet, le modèle postule un lien bidirectionnel entre le langage et la boucle phonologique. Ce faisant, il postule que les connaissances implicites du langage ont un impact en MCT verbale (Baddeley, 2002). Les mécanismes du langage font partie d'un ensemble de « systèmes cognitifs cristallisés » assimilés à la MLT. Ce faisant, le modèle rend compte des effets de fréquence et d'imageabilité en MCT qu'il associe à la MLT (Hulme et al., 1995).

Bien qu'intéressante, l'un des problèmes de cette extension du modèle de Baddeley est qu'elle n'autorise pas de prédiction précise concernant ces effets. En effet, le modèle ne détaille pas le système langagier auquel il s'associe désormais. Il ne permet pas d'élaborer des hypothèses quant à des effets linguistiques particuliers. De plus, il ne permet pas d'expliquer de quelle façon la contribution de différentes représentations linguistiques peut être influencée par le contexte expérimental. Ce point sera repris ultérieurement. Enfin, les sous-systèmes proposés demeurent modulaires, ce qui, selon plusieurs auteurs, comporte certaines limites. Une conception alternative de la mémoire est présentée ci-dessous.

### **1.3.2. Les Approches Procéduraliste et Psycholinguistique.**

Une tradition théorique de la mémoire de longue date conçoit celle-ci comme une propriété intrinsèque des systèmes de traitement de l'information, incluant les mécanismes langagiers. Au début des années 60, Melton (1963) se distingue comme l'un des seuls défenseurs d'une conception unitaire de la mémoire. Selon lui, la MCT et la MLT constituent les deux extrêmes d'un même continuum, celles-ci étant affectées par les mêmes facteurs (ex.répétition, interférence proactive). Ce point de vue est repris

quelque temps plus tard par Craik & Lockhart (1972), qui suggèrent que la capacité en MCT est fonction des caractéristiques du matériel traité et des niveaux de traitement plus ou moins complexes de l'information. Le stockage temporaire ou permanent de l'information est conçu comme une propriété inhérente des systèmes qui traitent les représentations de cette information. Selon Crowder (1989), la mémoire correspond à « une propriété du traitement de l'information qui perdure dans le temps ». Ultimement, l'information stockée en mémoire est ainsi associée aux unités neuronales dans lesquelles elle a initialement été traitée (Crowder, 1993).

Les modèles qui émanent de ce courant « procéduraliste » s'organisent autour de la notion de codes (ex.visuel, musical, verbal). Selon ce point de vue, il n'y a pas de stocks spécialisés dédiés au maintien en mémoire d'un certain type d'information (ex.Allport, 1983; Craik & Lockhart, 1972; Crowder, 1982, 1989). Selon Allport (1985), un système modulaire de la MCT verbale ne reflète pas l'organisation cérébrale. La mémoire devrait plutôt être conçue comme un système distribué impliquant le traitement d'un vaste éventail d'attributs via différents systèmes de traitement de l'information (Allport, 1985). Dans ce contexte, la distinction entre la MCT et la MLT repose sur la base du code traité selon le type de tâche, et non sur la base de locus de stockage distincts. La rétention en MCT est conçue comme la conséquence du type de traitement de l'information, lui-même fonction du paradigme expérimental et des caractéristiques du matériel à rappeler. Il en résulte que la MCT verbale et le langage sont envisagés comme des domaines intrinsèquement reliés et indissociables (ex.Allport, 1983; Belleville et al., 2003; Crowder, 1989 ; Glenberg, 2001).

L'élaboration de modèles psycholinguistiques de la rétention à court terme verbale s'inscrit dans cette mouvance. Ceux-ci découlent de l'étude extensive de patients aphasiques qui présentent des atteintes mnésiques (ex. Martin & Saffran, 1997; R. Martin et al., 1999). Le postulat de base des modèles psycholinguistiques est que le rappel immédiat, la répétition, la production et la compréhension d'items verbaux reposent sur des mécanismes communs, et obéissent à des règles communes. Leur architecture est basée sur celle des modèles de traitement du langage. Les modèles psycholinguistiques suggèrent ainsi que la rétention à court terme verbale repose sur l'activation des représentations phonologiques (constituées des opérations de catégorisations des phonèmes d'un item verbal donné), lexicales (qui réfèrent à la catégorisation de l'ensemble de ces phonèmes sous forme de mot) et sémantiques (constituées des opérations d'attribution de sens au mot présenté). Ce faisant, les modèles autorisent des prédictions précises quant à l'effet des caractéristiques linguistiques des items verbaux sur le RSI. Ils permettent également la formulation d'hypothèses quant à l'impact des conditions expérimentales sur l'utilisation des différents types de codes en MCT. Enfin, ils rendent aussi compte des atteintes spécifiques de la MCT verbale. Dans les lignes qui vont suivre, les principes du modèle d'activation interactive de la rétention à court terme verbale, qui constitue le cadre théorique principal de cette thèse, sont présentés.

#### **1.3.2.1. Modèle d'activation interactive de la rétention à court terme verbale.**

Le modèle d'activation interactive de Martin & Saffran (1997) constitue l'un des cadres théoriques psycholinguistiques les plus souvent utilisés. Son architecture est dérivée d'un modèle de répétition de mots isolés (Martin, Dell, Saffran, & Schwartz, 1994), lui-même calqué sur le modèle de production de Dell (Dell, 1986; Dell &

O'Seaghdha 1992). Le modèle d'activation interactive sert de cadre théorique à la présente thèse. Nous l'avons choisi parce qu'il autorise des prédictions précises quant à l'influence de différentes représentations linguistiques sur le rappel immédiat. De plus, plusieurs de ses principes s'appliquent également à d'autres modèles (ex.R. Martin et al., 1999; Majerus, 2009), ce qui lui confère une certaine valeur générale. Enfin, il rend bien compte des données observées tant chez les participants normaux que chez les patients cérébrolésés.

Le modèle d'activation interactive suggère que le rappel immédiat d'items verbaux repose sur la diffusion d'une activation interactive entre les niveaux de représentations phonologiques, lexicales et sémantiques des items verbaux présentés. Chaque niveau de représentations est composé d'unités et de règles qui définissent les combinaisons possibles de ces unités (Dell, 1986). Le niveau de représentation phonologique est ainsi composé des phonèmes (sons qui composent un morphème ou une séquence de morphèmes) et des règles opérant leur récupération, leur ordination et leur organisation (Dell, 1986). Le niveau lexical décrit les opérations qui correspondent à la formation d'un mot. Ce niveau renvoie à l'union d'un concept et d'une représentation lexicale (*lemma*), soit d'un symbole abstrait représentant le mot sémantiquement désigné (Dell & O'Seagha, 1992). Finalement, les représentations sémantiques sont associées aux représentations conceptuelles. Quoique moins bien définies, elles seraient constituées des opérations d'attribution de sens à un mot, sous forme de prédicats, par exemple.

Tout comme la production lexicale, la mémorisation à court terme serait fonction de deux mécanismes, soit la force de la connexion entre les différentes unités de



traitement (1) et la vitesse du déclin de leur activation (2) (Martin & Saffran, 1997; Martin & Saffran, 2002). L'activation est déployée entre les niveaux de représentations des mots, mais pas à l'intérieur de ceux-ci. Aucun mécanisme d'inhibition n'est postulé pour atténuer l'activation des représentations compétitrices. Des mécanismes d'inhibition sont toutefois actifs suivant la récupération d'un mot, et ce afin de supprimer l'activation entraînée par le mot produit et autoriser le traitement d'un autre item. Selon ce point de vue, les niveaux de représentations des items présentés sont activés selon des décours temporels variables, et la force de leur activation dépend de l'ordre dans lequel ils sont activés (Martin & Saffran, 1997). La force de connexion et la vitesse de déclin opèrent conjointement avec ces paramètres temporels et le bruit éventuellement présent dans le système afin de maintenir l'activation des niveaux de représentations linguistiques durant le traitement (Martin, Saffran, & Dell, 1996).

Lors de la production d'un mot, les représentations sémantiques sont d'abord activées, suivies des représentations lexicales, puis phonologiques. Un mot présenté auditivement entraîne la séquence inverse. La répétition orale d'un mot présenté oralement implique la combinaison de ces deux séquences (ex. Martin et al., 1994; Martin & Saffran, 1997). Chaque niveau de représentation sollicité entraîne rétroactivement l'activation du niveau précédent (Martin & Saffran, 1997). Les premiers niveaux activés bénéficient davantage de cette activation indirecte et ont donc un impact plus important sur le rappel (Martin & Saffran 1997). Ainsi, puisque les représentations phonologiques sont activées en premier lors de la répétition d'un mot, - et bien que leur activation décline tandis que l'activation se propage au niveau lexico-sémantique, elles demeurent les plus influentes parce qu'elles sont activées rétroactivement de façon continue jusqu'au moment de la récupération (Martin & Saffran, 1997).

Selon ce modèle, les conditions expérimentales (ex. caractéristiques des stimuli, modalité de présentation, mode de rappel) et le type de tâche (ex. dénomination vs RSI) sont susceptibles de moduler la séquence d'activation des différents niveaux de représentations linguistiques. Le modèle prédit donc que les paramètres de la tâche devraient moduler l'impact respectif des représentations linguistiques sur le rappel. Lors d'une condition classique de RSI (mots présentés auditivement et rappelés oralement), l'impact des propriétés phonologiques sur le RSI est plus robuste parce que les représentations phonologiques sont activées les premières. Les représentations lexicales et sémantiques ont, quant à elles, un moindre impact parce qu'elles sont activées en dernier lieu. Les effets sémantiques seraient, par ailleurs, favorisés par des conditions expérimentales étant compatibles avec l'usage de ce code, par exemple lors de la présentation de stimuli sous forme d'images.

Selon Martin & Saffran (1997), la mémorisation à court terme résulte ainsi de l'activation temporaire d'un ensemble de représentations linguistiques. Le modèle ne postule pas de mécanismes qui soient distincts de ceux du langage pour rendre compte des difficultés des patients qui montrent un déficit « pur » de la MCT verbale à la suite de lésions cérébrales. De tels cas de figure s'expliqueraient plutôt par le degré de sévérité de l'atteinte observée chez ces patients. Une atteinte modérée de l'un des niveaux de traitement (ex. augmentation de la vitesse du déclin de l'activation phonologique) pourrait entraîner des difficultés au niveau de la rétention immédiate et de l'apprentissage d'une nouvelle information sans influencer l'expression et la compréhension verbales. Une atteinte plus sévère influencerait, quant à elle, à la fois la performance mnésique et le traitement du langage. Le modèle prédit également des effets sémantiques chez des patients qui présentent des difficultés de rétention à court

terme verbale découlant d'une atteinte du traitement phonologique de l'information. En effet, celui-ci stipule qu'une diminution de l'activation des représentations phonologiques des mots, devrait autoriser la mise évidence des effets de l'activation des autres types de représentations (ex. lexicales et sémantiques). En ce sens, le modèle rend compte des données observées chez les patients cérébrolésés indiquant que le type de représentation qui contribue au rappel immédiat varie en fonction de la nature du type d'atteinte documentée (phonologique vs sémantique).

#### **1.4. Enjeux Faisant l'Objet de cette Thèse**

De l'aveu de ses auteurs, le modèle d'activation interactive doit être considéré comme un point de départ (Martin & Saffran, 1997). 1- D'abord, les prédictions du modèle quant à l'impact des paramètres de la tâche sur le rappel immédiat, -en particulier des modes de présentation et de réponse-, n'ont jamais été testées de façon systématique. 2- Le modèle ne tient pas compte du rôle joué par les composantes distinctes que sont l'ordre et l'item dans les tâches de rappel immédiat, alors que celles-ci sont affectées par les manipulations qui touchent les modes de rappel. 3- Le modèle ne postule pas de contribution des représentations orthographiques des stimuli verbaux dans la rétention à court terme de stimuli présentés visuellement. Bien que le rôle des représentations orthographiques soit considéré par certaines approches psycholinguistiques (ex. Allport, 1985 ; Monsell, 1987), leur impact sur la rétention à court terme verbale n'a jamais été investigué directement, à notre connaissance. Ces éléments sont ceux abordés dans cette thèse. Un résumé de la littérature concernant ces trois enjeux précède la présentation des deux articles qui composent cette thèse. Enfin, les principaux objectifs et hypothèses qui servent de point de point de départ à ce travail sont présentés.

### 1.4.1. Impact des Modes d'Entrée et de Sortie sur les Effets Linguistiques.

Le modèle d'activation interactive prédit qu'une tâche classique de RSI où des items verbaux sont présentés auditivement repose sur l'activation des représentations phonologiques chez des sujets normaux. À l'inverse, une présentation imagée des stimuli est susceptible d'activer davantage les représentations sémantiques.

Il existe certaines indications empiriques selon lesquelles l'impact des propriétés linguistiques des stimuli verbaux sur le rappel varie selon les modes de présentation. La robustesse de l'effet de similarité phonologique lors d'une condition classique de RSI où les stimuli sont présentés auditivement a déjà été établie (ex. Baddeley, 1986). Par ailleurs, Coltheart (1999) ne montre pas d'effet de similarité phonologique en présentant rapidement des stimuli imagés référant à des mots phonologiquement similaires. De même, les enfants d'âge préscolaire tendent à ne pas montrer d'effet de similarité phonologique quand des stimuli imagés sont utilisés (Hitch, Halliday, Schaafsma, & Schraagen, 1988; Hitch, Woodin, & Baker, 1989). A priori, ces données sont donc globalement cohérentes avec les prédictions du modèle d'activation interactive qui suggère qu'une présentation imagée est à même d'atténuer l'impact des représentations phonologiques sur le rappel dans certains contextes. (Martin & Safran, 1997).

L'architecture du modèle autorise également l'élaboration de prédictions quant à l'impact de différents modes de rappel sur les effets linguistiques. Ainsi, le modèle permet d'inférer qu'une présentation orale sollicite l'activation des représentations phonologiques dans une plus grande mesure qu'un mode de réponse par pointage, qui minimise le recours à un code phono-articulatoire. Or, les études empiriques qui ont testé l'impact de différents modes de réponse sur les effets linguistiques indiquent toutefois que l'équation n'est pas aussi simple, la manipulation du mode de réponse

ayant un impact sur la nature de l'information mémorisée (item vs ordre) dans les tâches de rappel immédiat.

#### **1.4.2. Rôle de l'ordre et de l'item**

Il semble que le caractère ordonné de l'information à mémoriser soit un facteur dont il faut tenir compte dans l'interprétation des études testant l'impact du mode de rappel sur les effets linguistiques. Le RSI repose en effet sur la mémorisation de deux types d'information : l'item (le stimulus) et l'ordre (la position du stimulus à l'intérieur de la liste; Murdock, 1976). Selon le type de tâche (ex. RSI, rappel libre, reconstruction), la mémoire pour l'une de ces deux composantes est plus ou moins sollicitée. Ainsi, le rappel libre mesure surtout la mémoire de l'item, les participants n'ayant pas comme consigne de tenir compte de l'ordre des stimuli présentés. À l'inverse, le paradigme de reconstruction est davantage une mesure de la mémoire de l'ordre puisque les items sont présentés dans le désordre aux participants au moment du rappel et que ceux-ci doivent les ordonner conformément à la séquence présentée. Le mode de rappel influence la mémoire de l'ordre et de l'item, ce qui a également un impact sur les effets linguistiques.

Ainsi les effets de longueur de mots typiques sont observés lorsque l'exécution des tâches repose surtout sur la mémoire de l'ordre (ex.RSI). En revanche, un effet inverse (meilleur rappel des mots longs que des mots courts) est montré lorsque la tâche repose principalement sur la mémoire de l'item (ex.tâche de reconnaissance d'item; Hendry & Tehan, 2005). De même, des études indiquent que la similarité phonologique (mots qui riment) a un effet négatif sur le rappel de l'ordre mais facilite le rappel de l'item (Fallon, Groves, & Tehan, 1999). Ces effets sont également observés en condition de suppression articulatoire (Fallon et al., 1999). Dans ce contexte, l'effet facilitateur de la similarité phonologique est interprété comme un effet catégoriel déterminé par la

rime, où celle-ci agit comme un indice de récupération (Belleville et al, 2003; Fallon et al., 1999).

Gupta, Lipinski, & Aktunc (2005) vont plus loin, et montrent un meilleur rappel pour des mots qui riment (ex. *calle, balle, salle*) que pour des mots qui débutent par le même phonème (ex. *dame, datte, dalle*), et un meilleur rappel des mots qui débutent par un même phonème que des mots ayant une structure syllabique semblable (ex. *dame, calle, lac*). Ceci suggère que l'effet facilitateur de la rime sur le rappel est fonction du degré de chevauchement phonémique des items à l'intérieur d'une même liste, ainsi que de la position sérielle de ce chevauchement au niveau de l'item. De même, ces auteurs montrent un effet de similarité phonologique inversé sur le RSI (meilleur rappel de mots qui riment vs de mots phonologiquement dissimilaires) en testant ce dernier dans des conditions expérimentales qui favorisent la mémoire pour l'item (stimuli phonologiquement similaires ayant un haut degré de chevauchement phonologique n'étant pas répétés d'un essai à l'autre).

Les modes de réponse exercent également une influence sur les effets sémantiques. Crowder (1979) observe un effet de catégorie sémantique en condition de rappel libre. Or, il montre un effet sémantique inversé (meilleur rappel des items sémantiquement dissemblables) en comparant le taux de rappel pour des items reliés et non-reliés en condition de reconstruction. Poirier & Saint-Aubin (1995; Saint-Aubin & Poirier, 1999a : Saint-Aubin & Poirier, 1999b) montrent, quant à eux, un meilleur RSI pour des mots appartenant à une même catégorie sémantique que pour des mots appartenant à des catégories différentes. En ayant recours à un paradigme de reconstruction, ils observent plutôt que l'appartenance à une même catégorie sémantique n'a que peu d'impact sur le rappel de l'ordre (Saint-Aubin & Poirier, 1999a : Saint-

Aubin & Poirier, 1999b). En somme, ces résultats suggèrent que l'appartenance à une même catégorie sémantique rehausse principalement le rappel de l'item.

#### **1.4.3. Rôle du Code Orthographique en Mémoire à Court Terme Verbale**

Selon une conception linguistique de la mémoire, toutes les propriétés du langage devraient contribuer à la mémorisation à court terme d'items verbaux. En modalité auditivo-verbale, les représentations phonologiques jouent un rôle de premier plan dans la rétention à court terme. Or, plusieurs études utilisent une présentation visuelle des stimuli; l'approche psycholinguistique suggère que les propriétés orthographiques des items devraient également influencer le RSI dans ce contexte.

En effet, des études empiriques suggèrent que les propriétés visuelles des items verbaux présentés à l'écrit influencent leur rétention à court terme. Puisque les items visuellement semblables le sont également au plan orthographique, celles-ci pourraient indirectement appuyer la contribution des représentations orthographiques en MCT verbale. Ainsi, la similarité visuelle des mots (mots partageant certaines lettres, p. ex. : « *shy, fly, cry, ...* ») semble nuire au RSI (Logie, Della Sala, Wynn, & Baddeley, 2000; Wolford & Hollingsworth, 1974; Yik, 1979). De même, la longueur d'un mot au plan orthographique influence la probabilité de son rappel immédiat, et ce, indépendamment de sa longueur au plan phonémique (Coltheart, Mondy, Dux, & Stephenson, 2004). Des études neuropsychologiques donnent également à penser que les caractéristiques visuelles des stimuli verbaux influencent le rappel chez des patients cérébrolésés qui présentent des atteintes de la MCT verbale. La nature des erreurs commises par le patient K.F, par exemple, suggère une confusion dans la récupération de lettres visuellement semblables lors d'une tâche de RSI de lettres présentées visuellement (Warrington & Shallice, 1972). La patiente M.J.K., qui présente une dyslexie

phonologique, montre, quant à elle un meilleur rappel pour des chiffres arabes que pour des chiffres présentés dans leur forme orthographique (Best & Howard, 2005). Enfin, Howard & Nickels (2005) suggèrent que le recours au code orthographique pourrait contribuer à expliquer pourquoi des patients qui montrent une atteinte phonologique parviennent à exécuter certaines tâches impliquant des manipulations phonologiques lorsque des mots sont présentés, mais éprouvent davantage de difficultés lorsque des pseudo-mots sont utilisés.

De façon générale, ces travaux appuient le recours à un code visuel lors de la mémorisation à court terme d'un matériel verbal présenté visuellement. Or, ces effets, - classiquement interprétés comme des effets visuels-, ne permettent pas d'exclure la contribution de représentations orthographiques en MCT verbale. L'approche psycholinguistique prédit que l'ensemble des représentations linguistiques impliquées dans le traitement du langage devraient jouer un rôle dans leur rétention à court terme. En ce sens, elle prédit donc que les représentations orthographiques des mots devraient contribuer à la mémorisation d'items verbaux présentés visuellement. À ce jour, aucune étude n'a toutefois évalué directement la contribution possible du code orthographique en utilisant un paradigme permettant clairement de dissocier les effets orthographiques des effets visuels. Un tel paradigme pourrait faire appel aux effets du voisinage orthographique. Le voisinage orthographique d'un mot correspond aux mots qui diffèrent de celui-ci par une lettre (ex. *tulle* et *bulle*; Coltheart et al., 1977). La densité du voisinage orthographique des mots a un impact sur le traitement lexical des mots (Mathey, 2001), et pourrait également influencer la rétention à court terme verbale. De plus, la manipulation de cette variable ne concerne pas les attributs visuels des stimuli présentés.



#### **1.4.4. Sommaire des principaux enjeux**

En somme, une première question soulevée par cette thèse concerne les prédictions du modèle d'activation interactive (Martin & Saffran, 1997) en ce qui a trait à l'impact des modes de présentation et de réponse sur le RSI. Or, ces prédictions ne peuvent être testées sans tenir compte du rôle joué par les composantes distinctes que sont l'ordre et l'item dans les tâches de rappel immédiat, qui sont affectées à différents niveaux par les manipulations touchant les modes de rappel. Enfin, un dernier enjeu du présent travail est de tester la contribution des représentations orthographiques des stimuli verbaux dans la rétention à court terme de stimuli présentés visuellement. Bien que le rôle des représentations orthographiques soit évoqué dans certaines théories psycholinguistiques (ex. Allport, 1985 ; Monsell, 1987), leur impact sur la rétention à court terme verbale n'est pas appuyé par des données empiriques. Ces différents enjeux font l'objet de deux articles, décrits dans la section suivante.

### **1.5. Présentation des Articles de la Thèse**

#### **1.5.1. Article 1 : Effet des Modes de Présentation et de Rappel sur les Effets Phonologiques et Sémantiques**

Notre examen de la littérature et le modèle d'activation interactive indiquent que les modes de présentation et de rappel modulent la contribution des différentes représentations linguistiques des items verbaux sur le rappel immédiat. En ce sens, l'objectif de cette étude est de tester les prédictions du modèle d'activation interactive en ce qui a trait à l'impact des conditions expérimentales sur les effets phonologiques et sémantiques. Une première expérience (Expérience 1) teste l'effet des caractéristiques phonologiques et sémantiques des items selon deux modes de présentation (mots, images) et trois modes de rappel (oral, par pointage d'images, par pointage d'images parmi des

distracteurs). Une seconde expérience évalue les effets phonologiques et sémantiques selon deux modes de rappel (RSI, reconstruction).

Ces effets sont évalués chez des participants cérébralement sains et chez une patiente cérébrolésée. La méthode combine donc l'approche expérimentale du sujet normal classique à l'étude de cas telle que réalisée en neuropsychologie cognitive. Bien que ce type d'études de cas ne puisse répondre aux contingences statistiques qui caractérisent la recherche contemporaine en psychologie, elles demeurent essentielles à l'évaluation des différents modèles du fonctionnement normal, suivant le principe de soustraction permettant d'inférer le fonctionnement prémorbide du patient. Le principal avantage des études effectuées auprès de patients montrant des lésions cérébrales est d'autoriser la mise en évidence de mécanismes qui ne pouvant être isolés chez des participants sans atteinte neurologique. Ainsi, I.R., la patiente évaluée montre une atteinte du traitement des propriétés phonologiques des items verbaux, telle qu'attestée par sa difficulté à exécuter des tâches impliquant le traitement de pseudo-mots (jugement de rimes, répétition). Or, l'une des prédictions fondamentales du modèle d'activation interactive est, qu'en l'absence d'activation des propriétés phonologiques des mots, la mise en évidence de l'activation des autres types de représentations (ex. lexicales ou sémantiques) est facilitée.

Le modèle suggère que les modalités de présentation et de rappel modifient la séquence d'activation des représentations linguistiques et modulent les effets phonologiques et sémantiques. Compte tenu de la nature de son atteinte, des patrons différents sont attendus chez I.R. et les participants contrôles sans lésions cérébrales. Ainsi, la présentation d'images devrait théoriquement rehausser les effets sémantiques en

activant initialement les représentations sémantiques. À l'inverse, la présentation de mots devrait plutôt favoriser les effets phonologiques. Or, puisqu'une utilisation restreinte des propriétés phonologiques est postulée chez I.R., des effets sémantiques proéminents et des effets phonologiques réduits sont attendus chez elle. Le mode de rappel devrait, quant à lui, moduler les effets obtenus 1- en fonction du type de code préconisé à la sortie (e.g.: le rappel oral sollicite davantage le code phonologique) 2- en fonction de l'accent mis sur la récupération de l'item vs celle de l'ordre. Ainsi, les tâches qui mettent davantage l'accent sur la récupération de l'ordre (ex.reconstruction) devraient entraîner des effets sémantiques réduits mais rehausser les effets phonologiques chez l'ensemble des participants, l'utilisation alternative des propriétés sémantiques n'étant plus pertinente à la tâche.

### **1.5.2. Article 2 : Contribution du Code Orthographique en MCT Verbale**

Tel que mentionné précédemment, différents indices suggèrent que les propriétés orthographiques des stimuli verbaux influencent le RSI, mais cette hypothèse n'a jamais été testée directement. L'objectif de ce deuxième article est donc d'évaluer la contribution du code orthographique dans la rétention à court terme d'items présentés visuellement. Afin d'éviter que les effets obtenus ne soient interprétés comme découlant du traitement d'un code visuel, la variable manipulée ne concerne pas les attributs visuels des stimuli présentés. La contribution du lexique orthographique est plutôt évaluée en manipulant la densité du voisinage (N) orthographique des stimuli (nombre de mots qui diffèrent des cibles par une lettre) présentés.

Comme lors de l'étude précédente, les hypothèses sont testées chez I.R. et chez des participants contrôles. Une première expérience teste l'effet de la densité du voisinage orthographique et l'effet de la densité du voisinage phonologique (Expérience 1). Une

seconde expérience re-teste l'effet du voisinage orthographique en tenant compte de la fréquence de ce dernier (Expérience 2). Enfin, une dernière expérience évalue l'impact de la consistance entre la similarité phonologique et orthographique des mots (Expérience 3). Puisque I.R. utilise peu les propriétés phonologiques des items verbaux, des effets orthographiques plus importants sont attendus chez elle. En contrepartie, les participantes contrôles devraient être peu ou pas affectées par les manipulations touchant le voisinage orthographique des stimuli.

### **1.6. Résumé, Objectifs et Hypothèses Générales**

En somme, la contribution de différentes représentations linguistiques dans la rétention à court terme d'items verbaux est appuyée par des données recueillies aussi bien chez les participants normaux et les patients cérébrolésés. Le modèle d'activation interactive de Martin & Saffran (1997), et, plus généralement, l'approche psycholinguistique de la MCT verbale, rendent compte de ces effets linguistiques et autorisent l'élaboration de prédictions quant à l'impact relatif de différentes représentations linguistiques en fonction des modes de présentations et de rappel. Or, ces prédictions demeurent peu documentées. De plus, le modèle ne distingue pas la rétention de l'item vs celui de l'ordre, des composantes qui sont influencées par la manipulation des modes de rappel. Enfin, d'un point de vue plus général, l'approche psycholinguistique prédit que les représentations orthographiques devraient contribuer à la mémorisation d'un matériel présenté sous forme écrite. Or l'effet des caractéristiques orthographiques des stimuli verbaux sur le RSI n'a jamais été testé directement. Cette thèse aborde ces différents enjeux par le biais de deux études, qui sont présentées dans les chapitres suivants.

## **CHAPITRE 2**

### **Article 1**

#### **Input and Output modes Modulate Phonological and Semantic Contributions to Immediate Serial Recall: Evidence from a Brain-Damaged Patient**

Chassé, V., & Belleville, S. (2009). *Cognitive Neuropsychology*, 26, 195-216.

### **Aknowledgments**

This work was supported by a studentship from the Canadian Institutes of Health Research (CIHR) to Véronique Chassé and by a grant from the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) and a chercheur-boursier fellowship from the Fonds de la Recherche en Santé du Québec (FRSQ) to Sylvie Belleville. We would like to thank I.R. for her assiduous collaboration and Bernard Bouchard for assistance in constructing and editing the stimuli.

### Abstract

Psycholinguistic models of short-term retention suggest that performance at verbal short-term memory (STM) tasks relies on the activation of phonological, lexical and semantic representations, the relative impact of each depending on task variables. This was tested in normal individuals and in I.R., a brain-damaged patient with a phonological deficit. In Study 1, the effect of phonological and semantic similarity was assessed under different presentation formats (words, pictures) and recall modes (oral, picture pointing and picture pointing among distracters). In Study 2, effects were compared using reproduction and reconstruction responses. When words were used at input, controls showed robust phonological similarity effects irrespective of response mode. In contrast, I.R. showed a reliable semantic effect. However, both studies indicated that when response mode promoted order recuperation (reconstruction and picture pointing modes), I.R. showed a typical phonological similarity effect with no semantic contribution. The data supports current psycholinguistic views suggesting that verbal short-term retention depends on the temporary activation of word representations. In healthy controls, presentation mode appears to modulate the role of those representations but in I.R., it was the output condition particularly whether order was or not required- that was found to be crucial with respect to the appearance of semantic or phonological effects. This supports the important role that order information plays in short-term memory tasks.

*Keywords:* Short-Term Memory, Immediate Serial Recall, Phonological Representations, Semantic Representations, Order Memory, Interactive Activation Model.

Psycholinguistic models of short-term memory (STM) suggest that language processing and verbal STM obey similar rules and rely on common linguistic representations. Within such models, 1) all word features (e.g. phonological, lexical, semantic) have the potential to influence verbal short-term recall and, 2) task characteristics, modes of presentation and recall in particular, have the potential to modulate the impact of word representations on verbal short-term recall (e.g. Martin & Saffran, 1997; R.C. Martin, Lesch, & Bartha, 1999). The aim of this paper was to test whether input and output task parameters modulate phonological and semantic effects in verbal STM.

### **Impact of Word Representations on Immediate Recall**

It is well established that phonological features of items influence their immediate retention. This is mainly supported by the detrimental impact of inter-item phonological similarity on immediate serial recall (ISR) (Baddeley, 1966; 1986; Conrad & Hull, 1964). This effect is fairly robust and has been a crucial supportive piece of evidence for the phonological loop model, which proposes that verbal material is held in a phonologically based short-term stock (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1986).

However, during the last two decades, the demonstration that lexical and semantic properties of items can impact ISR has slowly led to a reconsideration of models hypothesizing the sole use of phonological coding in verbal short-term memory (STM). Lexical contribution was provided by the demonstration that words are better recalled than pseudowords (Caza & Belleville, 1999; Hulme, Roodenrys, Brown, & Mercer, 1995), and that frequent words are better recalled than rare ones



(Hulme, Mauhgan, & Brown, 1991; Hulme et al., 1997). In the same manner, the contribution of semantic representations in STM was supported by the observation of a better recall for concrete over abstract words (Allen & Hulme, 2006; Walker & Hulme, 1999), abstract over function words (Caza & Belleville, 1999) and words belonging to the same semantic category over words belonging to different ones (Poirier & Saint-Aubin, 1995; Saint-Aubin & Poirier, 1999a; Saint-Aubin & Poirier, 1999b).

Substantial support in favor of separate phonological and lexico-semantic contribution to short-term verbal recall has also been provided by brain-damaged patients who demonstrate impairments in processing specific word representations (Belleville, Caza & Peretz, 2003; Caza, Belleville & Gilbert, 2002; Howard & Nickels, 2005; Knott, Patterson, & Hodges, 1997; Majerus, Van der Linden, Poncelet, & Metz-Lutz, 2004; Martin & Saffran, 1997; R.C. Martin & Romani, 1994; R.C. Martin, Shelton, & Yaffee, 1994). It was shown that patients performing poorly on phonological processing tasks (e.g. phoneme discrimination, rhyme judgment) are sensitive to lexical and semantic factors but not to phonological ones when tested with ISR (e.g. Majerus et al., 2004; Martin & Saffran, 1997; R.C. Martin, Lesch, & Bartha, 1999). Conversely, patients with deficits in semantic abilities (e.g. name-image association, synonymous judgment) show reduced sensitivity to lexico-semantic effects in short-term verbal recall (e.g. Martin & Saffran, 1997). Furthermore, brain-damaged patients with semantic deficits have been shown to exhibit better recall for “known” words, that is words for which they had preserved

semantic knowledge, relative to “unknown”, that is words for which they had lost semantic knowledge (Caza et al., 2002; Knott et al., 1997).

### **Psycholinguistic Models of Short-Term Retention**

The cumulative findings on ISR are coherent when short-term retention is understood to be composed of numerous levels of word representations that contribute to verbal ISR. This view has been couched in psycholinguistic theories of short-term memory that propose that short-term retention is embodied in psycholinguistic processing and relies on the activation of multiple linguistic representations (Allen & Hulme, 2006; Belleville et al., 2003; Gupta & MacWhinney, 1997; Martin & Saffran, 1997; R.C. Martin et al., 1999; Majerus, 2007). Psycholinguistic models assume that a verbal short-term memory task that involves repeating a short string of words relies on the same system that is implicated when repeating a single word.

One of these models, the interactive activation model of Martin & Saffran (1997), is directly derived from a model of word repetition (Martin & Saffran, 1992; Martin, Dell, Saffran, & Schwartz, 1994; Martin, Saffran & Dell, 1996), itself stemming from a multi-level model of word production (e.g. Dell & O’Searghda, 1992). This word repetition model assumes that feed-forward and feedback processes mediating the activation of phonological, lexical and semantic levels of representations serve the maintenance of the activation over the time course of item retrieval. An important assumption of the model has to do with the temporal course of activation of levels of representations as the strength and temporal duration of a representation level depends on the order in which it has been activated. The first

level to be activated would have the greater overall level of activation and would thus have the stronger impact on recall because they receive continuous feedback activation over the course of retrieval (Martin & Saffran, 1997). Temporal preeminence is a property that depends on the input format of a particular task. In single word repetition, items are presented aurally and, thus, access phonological representations first explaining why phonological factors typically have greater impact than semantic ones on single word repetition. The activation model supports a view whereby picture naming requires access to semantic representation prior to phonological representations. Semantic representations should thus contribute to a greater extent than phonological ones to picture naming.

### **Impact of Input Format and Output Modes on Linguistic Short-Term Memory Effects**

The interactive activation model can be used to make predictions regarding the effect of input modality as aurally presentation should favor phonological over semantic representations whereas this should not be the case for picture presentation. Because the interactive activation model suggests that short-term storage of verbal material is a property of the language processor (Martin & Saffran, 1997), similar rules should apply in ISR. Thus the characteristic of the task at input should have a determinant impact on the nature of the activated representations and interact with the phonological and semantic effects. In particular, phonological effects should be stronger than semantic effects when recalling short aurally presented word-strings. This would account for the robust finding of phonological similarity effect on ISR as this task typically involves aurally presentation (Martin & Saffran, 1997). In addition,

phonological effects should be stronger when recalling short series of aurally presented words than when recalling series of object-drawings because the former have direct access to phonological representations whereas images first access semantic representations.

While relevant to the model, this set of predictions lacks empirical support. In particular, the impact of input parameters on phonological and semantic effects has never been tested in a systematic manner although some empirical findings suggest input mode effects. For example, Colheart (1999) failed to find a typical phonological similarity effect in a condition of rapid presentation of pictures. Furthermore, developmental studies indicate that very young children do not present the typical phonological effect under picture presentation but that school-aged children do (Hitch, Halliday, Schaafstal, & Schraagen, 1988; Hitch, Woodin, & Baker, 1989). A similar result is found in children presenting intellectual disabilities (Henry, 2008). However, none of these studies compared phonological to semantic effects using both words and pictures.

Therefore, the first goal of the present study was to test, in a more systematic fashion, whether input format modulates the phonological and semantic effects in ISR. Finding effects in line with the predictions of the model would provide strong empirical support to the interactive activation model as a framework for short-term memory. Experiment 1 measured phonological (non-rhyming vs. rhyming) and semantic (same vs. different categories) effects under two presentation modes: words (1) and pictures (2). These effects were tested in healthy participants and in a phonologically impaired patient (I.R.). Previous studies have shown that

phonologically impaired persons are more sensitive to semantic manipulations than healthy controls (Belleville et al., 2003; Martin & Saffran, 1997) and may thus represent an ideal population to test the effect of semantic parameters on ISR as a function of input (our output) parameters.

As it is the case for input modalities, the effect of response mode on ISR has not been systematically measured. Yet, some recent findings suggest that output demands of task modulate the presence and extent of phonological, lexical and semantic effects. In very young children, some data indicate that the presence of the phonological similarity effect depends on recall conditions (see Jarrold, Cocksey, & Dockerill, 2008). In adults, Saint-Aubin and Poirier (1999b) obtained a semantic similarity effect using a typical ISR condition, but not when using an order reconstruction condition. Jefferies, Frankish, & Ralph (2006) reported larger lexical and semantic effects using a matching span task involving recognition of item identity changes than when using a standard matching span task involving recognition of item order changes, supporting the hypothesis that semantic activation is determinant for memorizing item identity, but less so for memorizing their order.

Therefore, a second goal of Study 1 was to test the influence of recall conditions on phonological and semantic STM effects. This was done by testing phonological and semantic effects using classic oral recall and picture pointing. The classical phonological loop model predicts that varying response mode should have no significant impact on the presence of the phonological similarity effect. The interactive model has no strong prediction regarding the impact of output modes on short-term retention. However, one might expect that relying on an overt verbal output response should strengthen phonological representations because aurally

responses feedback the system via phonological representations. In turn, one might expect that pointing to pictures would enhance semantic effects because the condition requires identification of the pictures, which would activate to a larger extent semantic over phonological representations.

### **Item and Order Information.**

The impact of response mode bears relevance to the important issue of item/order memory. There is abundant support for a distinction between memory for the item and memory for its order, which refers to its sequential position within the presented list of words. The interactive model does not account well for item/order effects in ISR. In turn, more recent models have given elaborate accounts of order memory and its relation with item memory. The prevalent view postulates that item and serial order information are processed and memorized via different mechanisms or systems. In most of these models, item information depends on the temporary activation of lexical and sub-lexical representations within the language network, whereas a distinct short-term memory system would retain order information (Burgess & Hitch, 1999; Gupta, 2003; Gupta & MacWinney, 1997; Majerus, 2007). According to Burgess & Hitch (1999), order information would be coded via connections between the item lexical representation and context/timing signals and would not be directly linked with phonological coding. The Oscillator-based model of Associative Recall (OSCAR; Brown, Pearce & Hulme, 2000) proposes a similar mechanism whereby successive lists of items are associated with successive states of a dynamic learning-context signal, some of which are provided by temporal oscillators. Learning would occur in a Hebbian fashion and retrieval of an item would

thus involve reinstatement of its temporal context. Gupta & MacWhinney (1997) propose a model that comprises levels of lexical (word form phonological representations and semantic representations) and sublexical (output phonological representations) representations. The model includes a sequence-memory component dedicated to the encoding of the serial order of word forms and described as a serial ordering device that sets up associations within the lexical system (Gupta & MacWhinney, 1997). In the current version of the model (Gupta, 2003) the sequence-memory has direct short-term connections with the lexical level and with output phonological representations. In the same vein, Majerus (2009) proposes a model that includes phonological, lexical and semantic representational levels similar to the Martin & Saffran's interactive model. In addition, it comprises a mechanism responsible for the encoding, maintenance and rehearsal of serial order information. This system would be connected to language representations and, in Majerus words, "keeps track of the sequence of activation events in the sublexical, lexical and semantic networks" (Majerus, 2009, p. 265). An attentional modulator is presumed to steer attentional resources onto language representations of serial order processing.

In summary, a number of recent psycholinguistic models propose that order information is stockd and processed separately from linguistic representations. Some models propose a privileged connection between the system involved in memory for order and the phonological representation level (Gupta & MacWinney, 1997) on the basis of empirical data showing that manipulating phonological properties of items modulate memory for its order more than memory for its identity (Fallon, Groves, & Tehan, 1999; Gupta, Lipinsky, & Aktunc, 2005) and that semantic effects occur in

recall conditions that do not necessitate the retrieval of order information (Saint-Aubin & Poirier, 1999a ; 1999b).

Because this is a crucial issue in the literature, a third objective was to assess phonological and semantic effects under conditions that involve, to different degrees, memory for order and for item information. This was done in Study 1 by including a typical picture-pointing condition where only the previously learned items are presented in the recognition phase to a picture-pointing control condition that involved presenting foils in addition to the target items. Using a picture pointing procedure was predicted to reduce the phonological similarity effect by preventing overt output phonological coding. However, because all items of the series are displayed in the picture pointing condition, it mainly relies on order-memory and thus may not be the optimal condition to test the picture effect. In the control condition with foils, order plus item memory was required as participants were presented with items that were not part of the series in the recognition phase. In turn, a reduction of the phonological effect in the condition where distracters are present at recognition, a condition promoting item memory, would support a privileged connection between the activation of phonological representations and memory for order.

In study 2, reproduction and reconstruction recall paradigms were compared. In the reproduction condition, participants were instructed to perform a written ISR task, a condition requiring both item and order retrieval. In the reconstruction condition, items were provided at recall and participants were asked to re-write them in their correct serial order. Because items are provided, performance in this condition is presumed to rely mostly on order memory, (e.g. Whiteman, Nairne &



Serra, 1994; but see Nairne & Kelley, 1999b; Neath, 1997). Again, if phonological representations are linked to memory order, reconstruction should produce stronger phonological effects and lesser semantic ones than reproduction.

### **Experiment 1: Impact of Input Format and Output Recall Mode on Verbal STM Effects**

The first goal of the present experiment was to measure phonological (nonrhyming vs. rhyming) and semantic (same vs. different categories) effects under two presentation modes: words (1) and pictures (2). In healthy participants, the aurally presentation of words was presumed to mainly activate phonological representations thus yielding the classic phonological similarity effect but little or no semantic effect. In I.R., previous data (Belleville, Caza, & Peretz, 2003) led us to predict an absence of the classic phonological similarity effect, with the presence of a large semantic impact. Although atypical, the absence of a phonological similarity effect (Howard & Nickels, 2005; Majerus, Van der Linden, Poncelet, & Metz-Lutz, 2004; Baddeley, Vallar, & Wilson, 1987; Saffran & Martin, 1990) or of a reversed effect (Campbell & Butterworth, 1985) has been reported in patients presenting short-term memory deficit. It has been interpreted as arising from a defective use of the phonological code. By contrast to the presentation of words, the presentation of pictures at input was predicted to yield smaller phonological similarity but greater semantic similarity effects. Semantic effect was expected in controls and I.R. This would support the prediction that input format has an impact on the level of activated representation in line with the activation model.

A second goal was to test the influence of recall conditions on phonological and semantic STM effects. In line with the activation model, output mode was predicted to interact with the semantic and phonological effects. Oral recall was predicted to favour the classic phonological similarity effect due to output phonological coding. Picture pointing was predicted to diminish this effect. Oral recall was compared to a picture pointing condition where images of the items that were part of the set were presented. Participants were asked to reproduce the ordered series by pointing. The recall mode was presumed to preclude the use of an overt verbal production. A third response mode involving picture pointing among distracters was also used. This was done to reduce reliance on memory order while promoting greater recuperation of item information. It was expected that this third condition would increase the impact of semantic representation, as compared to the picture pointing condition.

## **Method**

### **Participants.**

I.R. is a 49 year-old French-speaking woman. She is right-handed, has 10 years of education and used to work as the manager of a restaurant prior to her stroke. At the age of 28, a giant aneurysm located on the left middle cerebral artery ruptured and was surgically clipped. Following the intervention, a right hemiplegia developed and language difficulties involving comprehension, repetition and written production were observed. Speech was qualified fluent. One year later, I.R. had recuperated most of her language and motor capacities. However, a subsequent surgical intervention had to be performed on another aneurysm located on the right middle cerebral artery.

Following that intervention, she remained mute for one month before recuperating her speech capacities despite small pronunciation difficulties (dysarthria). After a few years of social withdrawal, I.R. made important improvements in her psychosocial adjustment. Today, she lives an autonomous and active life as she drives her car, takes care of her house and family and is involved in a large number of social activities.

An MRI scan of I.R.'s brain could not be performed due to the presence of ferrous clips. However, I.R.'s lesions have been described by Patel, Peretz, Tramo, & Labrecque (1998), based on the results of a CT-scan using 10 mm slices conducted 10 years after the brain surgeries, and by Griffiths et al. (2000), based on a high resolution spiral sequence CT-scan using 1.5 mm slices. The results of those scans indicate infarction of most of the superior temporal gyrus (STG) in the left hemisphere. Lesions in the left temporal lobe extend inferiorly into the middle temporal gyrus and superiorly into the supramarginal gyrus. The damage extends anteriorly into the pre- and post-central gyrii, also destroying the posterior half of the insula. In the right hemisphere, the anterior and superior portions of the STG are infarcted as well as the anterior portion of the insula. There is also a large frontal lobe lesion including most of the precentral and inferior frontal gyrii, as well as the white matter underlying them.

### ***Language assessment.***

I.R. underwent a detailed examination of her language functions (Peretz, Belleville, & Fontaine, 1997). In conversational speech, I.R. is fluent and shows no

phonemic, lexical or semantic paraphasias. However, she has a moderate articulatory disorder. On examination she shows a bucco-facial apraxia but no speech apraxia.

A formal language assessment was also conducted using standardized and experimental tests. Standardized tests included the Token Test (DeRenzi & Faglioni, 1978), French-adapted subtests of the Boston Diagnostic Aphasic Examination (Goodglass & Kaplan, 1972) and the Montréal-Toulouse 86β (Béland & Lecours, 1990). I.R. showed normal performance on the majority of the standardized tests. The only anomalies detected were a minor dysgraphia on the writing subtest of the Montréal-Toulouse 86β and difficulty repeating long sentences. Experimental linguistic tasks (mainly taken from Béland, Bois, Seron & Damien, 1999) revealed only mild deficits with non-word processing (Belleville et al., 2003; see Table 1 for a summary): I.R. performed below controls in non-word repetition (30 non-words varying in phonological complexity and length) and in visual non-word rhyme judgment (32 pairs of bisyllabic non-word, half of which rhymed and half of which did not). This indicates a mild impairment in phonological processing of items that are devoid of lexical and semantic content.

(Table 1 about here)

### ***Cognitive assessment.***

I.R. also underwent detailed examination of cognitive functioning (Peretz, Belleville, & Fontaine, 1997). At the perceptual level, she shows auditory normal evoked potentials till the auditory primary cortex and her performance at the dichotic test of Wexler & Halwes (1983) does not reveal any extinction (Peretz, Belleville, & Fontaine, 1997). Audiometry is normal. This suggests that basic auditory processing

is intact. Visuo-perceptual processing is also normal, as assessed with the Benton's line orientation judgment test (21/30), a visual discrimination test (28/30) and with the Hooper Visual Organization test (28/30).

The patient has a normal I.Q. (global = 94; verbal = 98; performance = 95). Her memory quotient is compatible with her intellectual capabilities (M.Q. = 99). I.R. shows no constructive or gestural apraxia. Finally, executive functions are intact in spite of a slowing on both the Trail A (1'10") and Trail B (1'46"). I.R.'s performance on the Tower of London and "Wisconsin card sorting test" is normal. There is severe amusia in I.R., which is characterized by major music production and recognition deficits (Peretz et al., 1997; Peretz & Gagnon, 1999; Peretz, Gagnon & Bouchard, 1998).

### *Memory assessment.*

I.R. presents memory difficulties that have been attributed to a disruption of memory for phonological features of verbal material with preserved memory for lexico-semantic features in long-term and short-term memory tasks (Belleville et al., 2003). In long-term memory, her performance on tasks such as free and cued recall tasks (Belleville et al., 2003) is normal. However, whereas her long-term memory for lexical words is normal, her long-term memory for non-words is impaired whether tested with recall or with recognition task (Belleville et al., 2003).

Regarding short-term memory, she has a reduced span for material that can be encoded verbally. The profile is similar with material presented aurally and recalled orally (digit span = 3; word span=3; letter span=2) and presented visually and

recalled orally (digit span = 4<sup>6</sup>; word span=3; letter span=2). She presents no difficulty recalling non-verbal material such as faces (4) or visuo-spatial locations (span for location sequential=4; span for location simultaneous =6). In ISR, she shows reduced or reversed effect of phonological similarity (see Table 2) and strong effects of frequency, concreteness and grammatical category of words (Belleville et al., 2003). Although atypical, the absence of a phonological similarity effect (Howard & Nickels, 2005; Majerus, Van der Linden, Poncelet, & Metz-Lutz, 2004) or of a reversed one (Campbell & Butterworth, 1985) has been observed in a few other cases of short-term memory impaired patients (but see Shallice & Vallar, 1990).

I.R.'s performance was compared to that of 10 neurologically intact women (mean age= 51.08 years, SD= 1.3; mean education= 13 years, SD= 5.07).

(Table 2 about here)

### **Materials and procedure.**

Three sets of nine words were constructed (see Appendix A-1). Set 1 was the base condition and was composed of non-rhyming semantically unrelated nouns. Set 2 was composed of rhyming semantically unrelated nouns. Finally, Set 3 included words belonging to the taxonomic category of clothing. All words were concrete substantives matched across sets for their frequency of occurrence (Brulex: Content, Mousty & Radeau, 1990). Therefore, there were no statistical difference between frequency of occurrence of Set 1 and that of Set 2 [ $t(16) = .45$ ] and Set 3 [ $t(16) = .26$ ]. Items were bisyllabic or trisyllabic words and were individually matched across sets

---

<sup>6</sup> A visual digit span of 4 is considered abnormal when compared to French norms provided by Belleville, Châtelets, Fontaine, & Peretz (2002) which show average digit spans of 6.78 (1.06) in aged controls and 7.11 (1.02) in young participants using visually presented material.

in terms of their number of syllables and syllabic structure. All were concrete and imageable object words taken from the line-drawings bank published by Cycowicz, Friedman, Rothstein, & Snodgrass (1997). All items obtained a minimum score of 60% on name agreement for the images according to Alario & Ferrand French norms (1999).

Three sets of nine pictures were created using the same criteria (see Appendix A-2). These were line drawings taken from the bank elaborated by Cycowicz et al. (1997). Set 1 was the base condition and was composed of pictures whose names were phonologically and semantically different. Set 2 was composed of pictures whose names were phonologically similar but semantically unrelated. Finally, Set 3 included line drawings, the names of which were phonologically dissimilar but semantically related, as they were all parts of the animal category. Word and picture sets were developed using the same criteria to facilitate their comparison. In addition, the two sets were matched for their frequency of use (Brulex: Content et al., 1990). Accordingly, there were no statistical differences between frequency of occurrence of Set 1 and that of Set 2 [ $t(16) = -.03$  ] and Set 3 [ $t(16) = -.04$  ].

Ten sequences of items were constructed for each set of words and ten sequences were constructed for each set of pictures. A sequence was constructed by selecting items randomly from each set with no replacement. In the auditory presentation, sequences of words were read by a female speaker, audio-taped and edited with Adobe Audition to control for auditory and phonological quality. They were transferred onto a CD for testing. Sequences of pictures were presented on the screen of a computer using Power Point. Words and pictures were presented at the

rate of one item per two seconds. In the oral recall condition, participants were asked to recall the presented sequences of items immediately after their presentation. In the picture pointing condition, line drawings of all items from the sequence that was just presented were shown to the participants on the screen of a computer after presentation. They were displayed in a row, in random order that changed at every trial, and participants were asked to point to them in their correct order of presentation in silence. In the picture pointing among distracters condition, line drawings of the just-presented sequence were shown but two unrepresented items from the same set were additionally included as distracters.

For each input condition, the length of the to-be remembered sequences was individually adjusted (Belleville, Peretz, & Arguin, 1992). It corresponded to one item longer than the word (or picture) span of each participant determined prior to experimental testing using different but comparable material. Span was assessed for words and pictures using oral recall. Consequently, I.R. was tested with sequences of four items. Control participants were tested with sequences of five or six items. Order of administration of the lists and of recall conditions was fixed. Testing was done on three weekly sessions lasting about 1.5 hours. Recall conditions were tested in separate sessions starting with the oral response condition (Session 1), followed by the picture pointing condition (Session 2), and the pointing among distracters condition (Session 3). Within each session, words were first tested followed by pictures.



## Results and Discussion

Each response was counted as correct if it was the correct item recalled in its correct order. This was used to compute percent correct recall in each presentation (words, pictures), in each recall mode (oral, picture pointing, picture pointing among distracters) and in each list type condition (base, phonological, semantic). In controls, the data were analyzed using a repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Presentation mode (Two levels: words, pictures), Recall mode (three levels: oral, picture pointing, picture pointing among distracters) and List type (base, phonological, semantic) as within-subjects factors. It indicated a statistically significant main effect of Presentation mode,  $F(1, 9) = 33.24$ ,  $MSE = 63.73$ ,  $p < .001$ , a significant main effect of List type  $F(1.45, 13.09) = 75.05$ ,  $MSE = 79.28$ ,  $p < .001$ , and a significant Presentation mode X List type interaction  $F(1.94, 17.45) = 13.79$ ,  $MSE = 86.20$ ,  $p < .001$ . No main effect of Recall modes,  $F(1.67, 14.99) = 3.42$ ,  $MSE = 298.61$ , and no Presentation mode X Recall mode X List type interaction  $F(3.04, 27.32) = 0.53$ ,  $MSE = 153.90$ , were found. Post-hoc analyses of the Presentation mode X List interaction with Tukey's test indicated different patterns of effects for words and pictures. The presentation of words yielded a classical phonological similarity effect with better recall of the base list compared to phonologically similar items, but no semantic effect (see Table 3). The presentation of pictures yielded neither phonological, nor semantic effects (see Table 4).

(Table 3 and Table 4 about here)

To assess those effects in I.R. and to allow comparison with healthy controls, phonological similarity effects scores were computed with the formula [ base -

phonologically similar / base ], and semantic effect scores were computed with the formula [ base - same semantic category / base ]. To assess deviancy between the patient and controls, I.R.'s effect scores were transformed into z-scores using the average and the standard deviation obtained by the group of control participants. I.R.'s z-scores that were larger than 1.64 or smaller than -1.64 were considered deviant. Effects scores for words and for pictures are presented in Table 3 and Table 4. The presentation of words to I.R. yielded different patterns of effects as function of recall mode. In the oral recall condition, she shows a reversed phonological similarity effect with better recall of phonologically similar words than of words of the base list. She also shows a reliable semantic effect. In the pointed to pictures condition, I.R.'s performance is similar to that of healthy participants: she shows the classical phonological similarity effect with better recall of phonologically dissimilar over similar items, but no semantic effect. In the pointing among distracters condition, her performance is quite similar to that found with oral recall. Even though the obtained Z score indicates that the effect is not reliable, her phonological similarity effect appears to be weaker. In addition, she has a reliable semantic effect. When presented with pictures, I.R. shows a typical pattern of performance: like controls, she shows no reliable phonological or semantic effects in all three recall conditions.

### **Error analysis.**

A repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Presentation mode (Two levels: words, pictures), Recall mode (two levels: oral, picture pointing among distracters) and List type (base, phonological, semantic) as within-subjects factors was performed on order errors. The score used in this analysis was the proportion of

order errors over the total of items recalled regardless of their order (Allen & Hulme, 2006; Murdock, 1976; see Table 5). As only order errors are produced in the picture pointing condition, it was not included in the analysis. The ANOVA indicated a significant main effect of Presentation mode,  $F(1, 9) = 6.87$ ,  $MSE = 0.01$ ,  $p < .05$  and a significant main effect of List type  $F(1.93, 17.34) = 33.00$ ,  $MSE = 0.01$ ,  $p < .001$ . The Presentation mode X List type interaction was marginally significant  $F(1.48, 13.32) = 3.11$ ,  $MSE = 0.02$ ,  $p = .089$ . None of the other effects or interactions were significant ( $F < 1.12$  in all cases).

Pairwise comparisons indicated that the Presentation mode effect was due to a larger number of order error rates under pictures (.283) than word presentation (.229). The List type effect was due to a higher rate of order errors with a phonologically similar list (.35) relative to the base (.22) and the semantic (.20) lists. The marginal interaction was due to the fact that phonologically similar lists tended to yield more order errors under words presentation (Base: .17, Phonological: .36, Semantic: .16) than under picture presentation (Base: .26, Phonological: .34, Semantic: .25). A slightly different pattern of errors was found in I.R. who also produced more order errors under word (.35) than under picture presentation (.23) but did not produce more order errors with phonologically similar words (see Table 5).

(Table 5 about here)

In summary, and as predicted, input mode of presentation has an impact on the phonological and similarity effects in both controls and I.R. In healthy controls, the presentation of words results in a robust classical phonological similarity effect and no semantic similarity effect. The presentation of pictures did not result in a

phonological effect. However, contrary to what was expected, no semantic effects were found with pictures. One interpretation of the lack of a semantic effect is that the activation of semantic and phonological representations is less crucial to short-term retention of pictures because STM for such stimuli entail other forms of coding (e.g. visual). The presentation of pictures yielded more error items than the presentation of words but order errors were more frequent when using phonologically similar words. This supports links between the phonological code and memory for order. Finally, and contrary to predictions, there was no effect of recall mode in healthy participants.

This study also indicates that I.R., a patient with impaired phonological processes, relies to a large extent on semantic representations when tested with ISR, contrary to healthy controls who favor phonological coding. However, an unexpected finding is that when words are presented, recall modes modulate those effects in I.R. Indeed, despite her phonological impairment, she shows the classical phonological similarity effect in the picture pointing recall condition. Importantly, the typical phonological similarity effect is found in I.R. only in the pointing condition where no foils are presented at recall. A particularity of this recall mode is that it relies heavily on order memory: as participants are presented all items that are part of the sequence, the memory for their order is critical to complete the task. Thus our results may indicate that when order is critically involved in a task and when item recuperation is not commanded by the task, phonologically impaired patients will not rely on semantic representations to support their performance. Therefore, when semantic information can not be use to support recall, greater reliance will be placed on

phonological levels of processing, and hence also on order processing given that phonological information is sequential. Predictions and findings with regard to the impact of input and output modes on phonological and semantic effects in Experiment 1 are summarized in Table 6 and Table 7.

(Table 6 and Table 7 about here)

### **Experiment 2: Assessing the Impact of Order on Phonological and Semantic Effects**

The second experiment was designed to further assess the impact of recall using a different yet more classical procedure. This was done by comparing a reconstruction to a reproduction condition. Thus, this second study measures the phonological similarity effect (phonologically similar vs. dissimilar) and semantic similarity effect (same vs. different categories) under reproduction and reconstruction recall paradigms. Our finding of a normal phonological similarity effect observed in I.R. in the pointing condition might relate to her reliance on order memory in that condition. This would provide strong support to studies suggesting that order memory is associated with phonological coding (Fallon et al., 1999; Gupta et al., 2005; Nairne & Kelley, 1999a), whereas item memory is more closely related to semantic coding (Saint-Aubin & Poirier, 1999b; Jefferies et al., 2006). Therefore, reconstruction was expected to produce phonological activation and increase reliance on that code in I.R. In turn, it was predicted that reproduction would yield a semantic effect but not a phonological similarity effect because this representational level is impaired in her and because such a task requires the recuperation of item information.

## Method

### Participants.

In this experiment, I.R.'s performance was compared to that of 11 (six males and five females) young control participants (mean age=21.90 years, SD=1.30; mean education=15 years, SD=1.73). Participants were living in the same community.

### Materials and Procedure.

Three sets of nine monosyllabic words were created (see Appendix B). Set 1 was the base condition and was made of non-rhyming semantically unrelated nouns. Set 2 was used to test the phonological similarity effect and included phonologically similar but semantically unrelated nouns. Set 3 was used to test the semantic similarity effect and included non-rhyming nouns belonging to the taxonomic category of animals. All words were concrete substantives matched for their frequency of occurrence (Baudot, 1992), and each word of the three sets was individually matched for number of syllables and phonemic structure. There were no statistical difference between frequency of occurrence of Set 1 and that of Set 2 [ $t(16) = .09$ ] and Set 3 [ $t(16) = .07$ ]. For each set, twenty sequences were constructed by randomly selecting items from each set. Words were presented aurally at the rate of one item per two seconds. The length of the sequences was adjusted individually to the participant's span capacity and corresponded to one item more than their word span (Belleville et al., 1992). Therefore, sequences of four items were presented to IR. Sequences of six to seven items were presented to controls.

Performance was measured under two recall conditions. Ten sequences of items were presented for each list and in each recall condition. In the reproduction condition, participants were asked to report the series of items in their correct order by writing them on response-sheets in which item positions were indicated by numbered rows. Responses to different sequences were provided on separate response-sheets to avoid support from other responses. In the reconstruction condition, the just presented items were printed in random order on the response-sheet and participants were asked to re-write them in their correct order of presentation. In controls, testing was done during one session lasting about two hours, and order of administration of the two recall conditions was counterbalanced among controls. In I.R., testing was done over two sessions and order of administration of the two recall conditions was counterbalanced within each of them, so that half trials of each condition were presented within each session.

### **Results and Discussion**

Each response was counted as correct if it was the correct item recalled in the correct order. This was used to compute percent correct recall in each recall mode condition (reproduction, reconstruction) and in each list type condition (base, phonological, semantic). In controls, the data was analyzed using a repeated measures analysis of variance (ANOVA) with Recall mode (two levels: reproduction, reconstruction) and List type (three levels: base, phonological, semantic) as within-subjects factors. Analysis revealed a significant main effect of Recall mode,  $F(1, 10) = 22.64$ ,  $MSE = 119.62$ ,  $p < .001$ , and a significant main effect of List type  $F(1.33, 13.26) = 49.67$ ,  $MSE = 169.05$ ,  $p < .001$ , but no Recall mode X List type interaction

$F(1.89, 18.93) = 2.11$ ,  $MSE = 61.56$ . The main Recall effect indicated better recall in the reconstruction (80.12) than in the reproduction (67.31) condition. Analysis of the main List effect with Tukey's test indicated a classical phonological similarity effect with better recall of phonologically dissimilar words (base list) than of phonologically similar ones, but no semantic effect (see Table 8).

(Table 8 about here)

To assess those effects in I.R. and allow comparison with healthy controls, phonological similarity effect scores were computed with the formula [base - phonologically similar/ base], and semantic effect scores were computed with the formula [base - same semantic category/ base]. Phonological and semantic effects scores obtained by I.R. in the reproduction and reconstruction conditions are presented in Table 8. To assess deviancy between the patient and controls, I.R.'s effect scores were transformed into z-scores using the average and the standard deviation of the effect scores obtained by the group of control participants. I.R.'s z-scores that were larger than 1.64 or smaller than -1.64 were considered deviant. In the reproduction condition, I.R. presented a modest phonological similarity effect that was reliably smaller than that found in healthy controls (see Table 8). This was accompanied by an effect of semantic category where items from the same category afforded better recall than dissimilar ones (base list), that was reliably larger than that obtained by controls. In the reconstruction condition, I.R. exhibited a large phonological similarity effect of the same magnitude as that of controls. This was accompanied by the presence of a small unreliable semantic effect statistically equivalent to controls (see Table 8).



*Error analysis.*

Once again, an order error score was determined by calculating the proportion of order errors over the total number of items recalled regardless of order. Reconstruction was not included in the analysis because this is a recall mode for which only order errors are produced. A repeated measures ANOVA with List type (three levels: base, phonological, semantic) as within-subjects factor was performed. Analysis revealed a significant main effect of List type on order error rates  $F(1,03, 9.29) = 10.69$ ,  $MSE = 880.51$ ,  $p < .05$ . Pairwise comparisons indicated that healthy controls committed more order errors when phonologically similar items were presented (34.59) than when control items were shown (58.01) (see Table 9). The control items (19.25) and the semantically similar items (20.44) yielded similar error rates. Once again, this pattern seems to differ in I.R, whose higher error rate was obtained under the presentation of semantically similar items (see Table 9).

(Table 9 about here)

Results of Experiment 2 confirm the data reported in Study 1 using a different paradigm. Indeed, healthy controls exhibit a robust phonological similarity effect but little effect from semantic similarity and this pattern is found irrespective of response mode. This supports a predominance of phonological activation in healthy controls that is not influenced by the manipulation of output variables. In contrast, response mode modulates the impact of word representations in I.R., as was the case in Study 1. Semantic representations are more prominent than phonological ones under a condition of reproduction. However, this fails to be the case in a condition of reconstruction that promotes memory order. In this latter condition, typical

phonological effects are found in I.R. Regarding order errors, the data also confirms that more errors were committed with phonologically similar than semantically similar lists. Predictions and findings with regard to the impact of output modes on phonological and semantic effects in Experiment 2 are summarized in Table 10.

(Table 10 about here)

### **General Discussion**

We report two studies investigating the impact of presentation and recall on ISR. This was done in healthy participants and in a brain-damaged patient with a phonological deficit. Task manipulations were presumed to have an impact on input and output coding and thus to modulate differentially phonological and semantic STM effects.

When words were presented, healthy participants showed the typical phonological similarity effect but were not influenced by the semantic category of items. This pattern was found under all recall conditions (Studies 1 and 2). Results are consistent with the verbal STM literature. The crucial role of phonological representations in verbal STM has been extensively documented (e.g. Baddeley, 1986). Phonological similarity effect has been demonstrated in normal individuals with both ISR (Baddeley, 1966; 1986; Conrad & Hull, 1964), and using reconstruction paradigms (Fallon et al., 1999; Nairne & Kelley, 1999a). Those studies along with the present results confirm that this effect is extremely robust. In contrast, we found weak or no semantic effect in healthy individuals irrespective of the input or output modes. In normal individuals, the predominant impact of phonological representations over that of semantic ones is accounted for

by psycholinguistic models like the interactive activation model of Martin & Saffran (1997). This model proposes that phonological representations are the first being activated within the interactive system and those receiving the greatest amount of feedback activation over the course of retrieval. In the context of a highly interactive system, all representation levels are quite rapidly activated within an intact system. As a result, dissociating the impact of other representations, including semantic ones, is particularly challenging in healthy individuals.

In I.R., a much different pattern of results was observed. When words were presented aurally, she showed no phonological similarity effect but a semantic effect when her response was oral (Study 1), when pointing to targets among a set of distracters (Study 1) and when using written reproduction (Study 2). In all these conditions, I.R.'s performance was characterized by a lack of typical phonological similarity effect combined with the presence of a reliable semantic effect. This pattern supports previous data showing increased semantic short-term retention in brain-damaged patients exhibiting phonological difficulties (Martin & Saffran, 1997). It is also very much in line with psycholinguistic models suggesting that all word representation levels contribute to verbal short-term retention (Martin & Saffran, 1997). According to the interactive activation model of Martin & Saffran (1997), a weakened phonological activation would entail a more important relative contribution of semantic representations.

One could argue that I.R.'s dysarthria contributed to her phonological impairment in STM by reducing rehearsal speed. Our finding that her pattern of

impairment (i.e., decreased phonological with increased semantic effect) is consistent under different recall conditions, including those that do not require overt verbal output, indicate that her phonological impairment cannot be attributed to overt articulation difficulties. This is also coherent with previous studies showing that acquired impairment of overt articulation does not impair phonological STM, and that persons with anarthria have typical word length and phonological similarity effects (Vallar & Cappa, 1987). It is also in line with the proposition that the articulation component of span performance, as evidenced through the word length effect, is associated with the internal planning of phonological segments rather than overt articulation (e.g. Caplan, Rochon, & Waters, 1992). Some of the data from the present study support this view: if I.R.'s dysarthria had a serious impact on her span, this would have resulted in normal span capacities when using pointing tasks. Obviously, this is not the case. Yet, albeit unexpectedly, use of a pointing task did modify her *pattern* of performance as discussed below.

One of the novel findings of our study is indeed that an impaired phonological similarity combined with increased reliance on semantic properties is not a general characteristic in I.R.: there were conditions where I.R. exhibited a typical phonological similarity effect without semantic effect. This was found with words under the picture pointing condition (Study 1) and written reconstruction (Study 2). Therefore, in contrast to healthy participants, I.R.'s performance was sensitive to output manipulations. When words were presented, phonological and semantic effects were strikingly modified by changing modes of recall. Under the

two response modes that involved reconstruction (written recall and picture pointing), her performance was similar to that of controls with presence of a phonological but not of a semantic similarity effect. We don't believe that this is simply due to the fact that verbal output was not required in those conditions because this pattern was not found in other conditions that also precluded verbal output (pointing among distractors). Rather we believe that it was found in these two conditions because these are conditions that promote order memory.

Thus, an important feature of I.R.'s performance is that she showed a typical phonological effect in conditions in which it is the memory order - relative to item - that is the critical component. Thus, results would be coherent with data linking order recuperation with phonological activation (Fallon et al., 1999; Gupta et al., 2005; Nairne & Kelley, 1999a). It seems that enforcing order retention in a phonologically impaired patient constrains her phonological coding ability. However, some might argue that our tasks don't provide a perfect dissociation of the item/order distinction (Nairne & Kelley, 1999b, Neath, 1997). Though this is true to a degree, we believe they provide a reasonable level of confidence to do so. Using free recall, for instance, might have led to an unwanted contribution from episodic memory. In addition, our findings that order errors were more frequent when phonologically similar words were presented in controls but not in I.R. also support such a view.

The interactive activation model (Martin & Saffran, 1997) does not specify clearly how order is memorized in STM tasks. It does explain primacy and recency effects to some extent by proposing that the first presented items of a sequence

rely on a prolonged, more semantically based processing. However, its framework does not comprise specific mechanisms accounting for the short-term retention of order information. For this reason, it can't be used to address this part of our data. Alternatively, our results are coherent with models suggesting that short-term retention of items depends on the activation of word representations, but that retention of their position in a list depends on separate order-based processes (for a brief review of such models, see Majerus, 2009). For example, the computational model proposed by Gupta and colleague (Gupta & MacWhinney, 1997; Gupta, 2003) includes a sequence-memory (phonological stock) dedicated to the encoding of the serial order of word forms in addition to lexical and sub-lexical processing components. In the current version of the model, the sequence memory has direct connections with the lexical level and with output phonological representations (Gupta, 2003). Similarly, Majerus (2009) proposes a hybrid model that includes a mechanism responsible for serial order memory. According to this model, the task characteristics constrain whether attentional resources will be located to item or to order retrieval. The pattern of effects observed in I.R. would be well accounted for by the differential focus placed on these two components.

An additional striking feature of I.R.'s performance was that phonological and semantic effects systematically always acted in opposite directions. In recall conditions that promote semantic effects, phonological effects are suppressed while the reverse is found in recall conditions that prevent semantic effects. One possibility to explain this mirror effect among semantic and phonological effects is through the alleviation of mechanisms of inhibition presumed to prevent the

activation of non-relevant representations, due to cerebral lesions. It has been proposed that phonological representations normally inhibit activation of semantic representations in conditions that make those representations irrelevant (Belleville et al., 2003). Accordingly, a lesion to the phonological network would reduce the phonological to semantic inhibition, and thus result in a greater relative semantic activation.

When pictures were presented, normal individuals and I.R. showed neither phonological, nor semantic effects. Therefore, the performance of healthy participants and I.R. is modulated by input modes since those effects are present when words are used, but absent with pictures. Our failure to find a phonological similarity effect when using pictures is coherent with the psycholinguistic model as these would not primarily activate the phonological level and are coherent with our predictions. However, contrary to our predictions, pictures failed to yield a semantic similarity effect. One possibility is that short-term retention of pictures relies on visual or image representations. For example, Coltheart (1999) obtained a phonological similarity effect with pictures when using a standard presentation rate, but failed to obtain the effect when items were presented at a very high rate. In Coltheart's view, this is due to the rapid activation of visual and semantic representations entailed by the presentation of pictures in comparison to the much slower name activation. A similar interpretation could be proposed here as pictures may activate visual representations rather than phonological ones. Overall, this finding combined with the absence of a mode of recall effect, confirms that ISR

effects are more influenced by input than by output manipulations in healthy individuals.

A final question raised by our data concerns the role of input and output coding in verbal short-term memory. Assuming separable input and output phonological systems, Allen & Hulme (2006) have suggested that ISR would more greatly depend on speech output mechanisms than on speech input mechanisms. In this view, the extent to which input interferes with recall would mainly be associated with impact of testing conditions on the quality of encoding. In turn, manipulation of word variables such as their semantic or their phonological characteristics would interfere on recall by playing a role at output. The present data, along with those from prior investigations of I.R.'s short-term memory capacities (e.g. Belleville et al., 2003) do not provide strong support in favor of or against separate input and output phonological systems. Notably however, experimental conditions that manipulated output modulated phonological and semantic effects in the most striking manner in I.R., which is coherent with the theoretical view defended by Allen & Hulme (2006).

In summary, the data supports the general view that the short-term retention of verbal items depends on the temporary activation of word representations. They also provide empirical evidence for the modulation of phonological and semantic STM effects under different testing conditions. However, our specific predictions concerning the impact of presentation mode and recall mode on phonological and semantic activation were only partly confirmed. This impact was found to be different in normal individuals and in a brain-



damaged patient with phonological deficit. Presentation mode has had a determinant impact on phonological coding, confirmed to be predominant in normal individuals. In contrast, in I.R., it was the manipulation of output that was found to be crucial with respect to the appearance of semantic or phonological effects. More specifically, it has re-affirmed the crucial role of order recuperation in verbal STM tasks, a component which is not directly accounted for by the language activation models of short-term memory but which will also have to be addressed in the future theoretical psycholinguistic framework of verbal short-term recall.

Table 1

I.R.'s results on additional language tasks

(adapted from Belleville, Caza, &amp; Peretz, 2003)

Tasks	I.R.'s score
Lexical processing	
Auditory lexical decision	77/80
Word to picture matching task	95/95
Word repetition	66/66
Word reading	63/66 (Controls 63-66)
Phonological processing	
Auditory word matching	36/36
Auditory non-sense syllable matching	38/40
Visual word rhyme judgment	23/24
Visual word homophony judgment	10/10
Oral-written non-word matching	30/30
Non-word repetition	24/30 <sup>a</sup> (Controls: 28-30)
Non-word reading	29/30 (Controls: 28-30)
Non-word rhyme judgment	24/32 <sup>a</sup> (Controls: 31-32)

<sup>a</sup> Indicates that I.R. is impaired.

Table 2

Percent serial recall on span-adjusted lists for phonologically dissimilar and similar items

(adapted from Belleville, Caza, & Peretz, 2003)

Note, because different list lengths were used across individuals, the relevant comparison of material type, as conveyed in the Effect score.

Phonological similarity effect	Material		Effect score (D-PS/D)
	Dissimilar (D)	Phonologically Similar (PS)	
I.R.	63.30	90	-26.70*
Controls	83.78	76	12.5 (2.3-20)

\* Indicates that I.R. is out of the range of matched controls

Table 3

Percent serial recall as function of recall mode and effects scores with word presentation (Study 1). The effect score represents the percentage of loss due to list types: an effect of zero means that there is no effect due to change in list; a negative score indicates that the “test” list is better recalled then the base list; a positive score indicates that the base list is better recalled then the “test” list. A z-score above 1.64 or below -1.64 indicates that I.R. differs reliably from healthy controls.

Oral					
	Base (B)	Phonologically Similar (PS)	Same Category (SC)	Phonological effect score (B-PS)/B	Semantic effect score (B-SC/B)
Controls	70.3	48.03	75.82	31.04 <sup>a</sup>	-8.54
	4				
I.R.	30	42.50	60	-41.67*	-100*
Z score				-6.18	-9.70
Picture pointing					
Controls	76.5	58.30	77.57	23.39 <sup>a</sup>	-2.25
	0				
I.R.	75	69.50	62.50	7.33	16.67
Z score				1.03	-1.13
Picture pointing among distracters					
Controls	77.8	54.40	76.27	29.70 <sup>a</sup>	0.69
	7				
I.R.	52.5	47.50	72.50	9.52	-38.10*
	0				
Z score				-1.46	-3.67

<sup>a</sup> Indicates a significant list type effect in controls

\* Indicates that I.R.’s z-score is above 1.64 or below -1.64

Table 4

Percent serial recall as function of recall mode and effects scores with picture presentation in controls and I.R. (Study 1). The effect score represents the percentage of loss due to list type: an effect of zero means that there is no effect due to change of list; a negative score indicates that the “test” list is better recalled then the base list; a positive score indicates that the base list is better recalled then the “test” list. A z-score above 1.64 or below -1.64 indicates that I.R. differs reliably from healthy controls.

Oral reproduction					
	Base (B)	Phonologically Similar (PS)	Same Category (SC)	Phonological effect score (B-PS)/B	Semantic effect score (B-SC/B)
Controls	59.7 0	59.48	51.06	11.27	-4.30
I.R.	77.5 0	60	58.33	24.74	22.58
Z-score				0.82	0.84
Picture pointing					
Controls	65.8 4	60.68	69.31	3.79	-10.84
I.R.	70	77.5	78.5	-12.14	-10.71
Z-score				-0.69	0
Picture pointing among distracters					
Controls	61.8 6	66.77	58.71	3.48	-9.77
I.R.	60	80	70	-16.67	-33.33
Z-score				-0.71	-0.99

Table 5

Order error rates (proportion of order error/proportion of items recalled regardless of order) as function of presentation mode, recall mode and list type (Study 1).

<b>Word Presentation</b>		
<input type="checkbox"/> Oral		
	Controls	I.R.
Base	0.18	0.64
Phonologically Similar	0.37 <sup>a</sup>	0.39
Same Category	0.15	0.19
Picture pointing among distracters		
	Controls	I.R.
Base	0.16	0.32
Phonologically Similar	0.35 <sup>a</sup>	0.39
Same Category	0.16	0.17
<b>Picture Presentation</b>		
<input type="checkbox"/> Oral		
	Controls	I.R.
Base	0.24	0.18
Phonologically Similar	0.35 <sup>a</sup>	0.25
Same Category	0.26	0.28
Picture pointing among distracters		
	Controls	I.R.
Base	0.28	0.31
Phonologically Similar	0.32 <sup>a</sup>	0.20
Same Category	0.24	0.16

<sup>a</sup> Indicates a significant list type effect in controls

Table 6

Summary of predictions and findings in regard to impact of input mode on phonological and semantic effects (PE, SE) in controls and I.R. (Study 1)

Word presentation	Picture presentation
Predictions	Predictions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &lt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>
Findings	Findings
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE = SE in controls</li> <li>• PE = SE in IR</li> </ul>

Table 7

Study 1: Summary of predictions and findings in regard to impact of output mode on phonological and semantic effects (PE, SE) in controls and I.R.

Word Oral	Word Picture pointing	Word Picture pointing with distraction
Predictions	Predictions	Predictions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &lt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &lt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>
Findings	Findings	Findings
<p>Under word presentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul> <p>Under picture presentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PE = SE in controls</li> <li>• PE = SE in IR</li> </ul>	<p>Under word presentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE = SE in IR</li> </ul> <p>Under picture presentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PE = SE in controls</li> <li>• PE = SE in IR</li> </ul>	<p>Under word presentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul> <p>Under picture presentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PE = SE in controls</li> <li>• PE = SE in IR</li> </ul>



Table 8

Percent serial recall as a function of recall mode and effect scores in controls and I.R (Study 2). The effect score represents the percentage of loss due to material type: an effect of zero means that there is no effect due to change in material; a negative score indicates that the “test” list is better recalled than the base list; a positive score indicates that the base list is better recalled than the “test” list. A z-score above 1.64 or below -1.64 indicates that I.R. differs reliably from healthy controls.

	Reproduction				
	Base (B)	Phonologically Similar (PS)	Same Category (SC)	Phonological effect score (B-PS)/B	Semantic effect score (B-SC/B)
Controls	77.31	46.23	78.38	40.21 <sup>a</sup>	-1.39
I.R.	40	32.50	50	18.75 <sup>*</sup>	-25 <sup>*</sup>
Z-score				-1.81	-3.02
	Reconstruction				
	Base (B)	Phonologically Similar (PS)	Same Category (SC)	Phonological effect score (B-PS)/B	Semantic effect score (B-SC/B)
Controls	87.95	64.46	87.94	25.83 <sup>a</sup>	0.01
I.R.	50	30	42.50	40	15
Z-score				0.87	1.07

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of list in controls

<sup>\*</sup> Indicates that I.R.'s z-score above 1.64 or below -1.64

Table 9

Order error rates as function of List type under Reproduction (Study 2).

	Reproduction	
	Controls	I.R.
Base	0.16	0.11
Phonologically Similar	0.35 <sup>a</sup>	0.18
Same Category	0.16	0.33

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of list in controls

Table 10

Summary of predictions and findings in regard to impact of output mode on phonological and semantic effects (PE, SE) in controls and I.R. (Study 2)

Reproduction	Reconstruction
Predictions	Predictions
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &gt; SE in IR</li> </ul>
Findings	Findings
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &lt; SE in IR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PE &gt; SE in controls</li> <li>• PE &gt; SE in IR</li> </ul>

## Appendix A: Items used in Study1

Table A1: Word presentation

Base			Phonologically similar			Same category		
	Picture agreement	Frequency		Picture agreement	Frequency		Picture agreement	Frequency
Piano <i>Piano</i>	100	3970	Canon <i>Canon</i>	93	4513	Manteau <i>Coat</i>	86	4794
Valise <i>Suitcase</i>	89	2590	Camion <i>Truck</i>	100	2144	Ceinture <i>Belt</i>	100	2484
Squelette <i>Skeleton</i>	100	978	Crayon <i>Pencil</i>	100	1939	Cravate <i>Necktie</i>	100	1918
Casseroles <i>Pan</i>	100	735	Citron <i>Lemon</i>	100	502	Casquette <i>Cap</i>	96	1484
Moulin <i>Mill</i>	100	1821	Cochon <i>Pig</i>	60	1790	Gilet <i>Vest</i>	64	1140
Barrière <i>Gate</i>	75	2010	Bouton <i>Button</i>	100	2931	Couronne <i>Crown</i>	100	2833
Montagne <i>Mountain</i>	93	10100	Poisson <i>Fish</i>	100	3650	Chemise <i>Shirt</i>	100	4558
Fusée <i>Rocket</i>	100	937	Violon <i>Violin</i>	96	1386	Collier <i>Necklace</i>	82	1301
Canard <i>Duck</i>	93	1300	Ballon <i>Ball</i>	89	1260	Chaussure <i>Shoe</i>	100	1425
Mean	94.44	2715.67		93.11	2235		92	2437.44

## Appendix A: Items used in Study 1

Table A2: Picture presentation

Base			Phonologically similar			Same category		
	Picture agreement	Frequency		Picture agreement	Frequency		Picture agreement	Frequency
Bougie <i>Candle</i>	100	1786	Pinceau <i>Brush</i>	96	914	Mouton <i>Sheep</i>	100	2237
Cigare <i>Cigar</i>	100	1412	Tonneau <i>Barrel</i>	71	991	Lézard <i>Lizard</i>	86	497
Voiture <i>Car</i>	93	11800	Chapeau <i>Hat</i>	100	8721	Cheval <i>Horse</i>	100	13507
Balai <i>Broom</i>	100	723	Gâteau <i>Cake</i>	100	1135	Souris <i>Mouse</i>	93	1042
Tambour <i>Drum</i>	100	1476	Ciseau <i>Scissors</i>	89	727	Girafe <i>Giraffe</i>	100	119
Raisin <i>Grape</i>	93	1157	Couteau <i>Knife</i>	100	3195	Lapin <i>Rabbit</i>	100	2012
Sifflet <i>Whistle</i>	100	1786	Cerveau <i>Brain</i>	96	5058	Serpent <i>Snake</i>	100	2190
Palmier <i>Palm tree</i>	100	991	Marteau <i>Hammer</i>	96	1169	Tortue <i>Turtle</i>	100	557
Fougère <i>Fern</i>	71	629	Râteau <i>Rake</i>	100	280	Baleine <i>Whale</i>	89	263
Mean	95.22	2417.77		94.22	2465.56		96.44	2491.56

## Appendix B: Items used in Study 2

Table B1

Base		Phonologically similar		Same category	
	Frequency		Frequency		Frequency
Gare <i>Station</i>	38	Pente <i>Slope</i>	49	Vache <i>Cow</i>	38
Pain <i>Bread</i>	36	Gant <i>Glove</i>	25	Rat <i>Rat</i>	26
Corde <i>Rope</i>	66	Plante <i>Plant</i>	62	Tigre <i>Tiger</i>	104
Toit <i>Roof</i>	49	Rang <i>Row</i>	74	Loup <i>Wolf</i>	42
Orgue <i>Organ</i>	27	Encre <i>Ink</i>	8	Ours <i>Bear</i>	11
Banc <i>Bench</i>	50	Client <i>Client</i>	101	Chien <i>Dog</i>	73
Ruche <i>Hive</i>	53	Fente <i>Slit</i>	6	Singe <i>Monkey</i>	27
Laine <i>Wool</i>	30	Menthe <i>Mint</i>	4	Poule <i>Hen</i>	15
Joue <i>Cheek</i>	52	Dent <i>Tooth</i>	62	Chat <i>Cat</i>	58
Mean	44.55		43.44		43.78

## References

- Alario, F.-X. & Ferrand, L., (1999). A set of 400 pictures standardized for French: norms for name agreement, image agreement, familiarity, visual complexity, image variability, and age of acquisition. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31, 531-552.
- Allen, R., & Hulme, C. (2006). Speech and language processing mechanisms in verbal serial recall. *Journal of Memory and Language*, 55, 64-88.
- Baddeley, A.D. (1966). Short-term memory for word sequences as function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 362-365.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A.D., & Hitch. G. (1974). Working Memory. In G. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation: vol.8* (pp. 47-90). New York: Academic Press.
- Baddeley, A.D., Vallar, G., Wilson, B (1987). Comprehension and the articulatory loop: Some neuropsychological evidence. In M Coltheart (Ed.), *Attention and Performance XII* (pp.509-529). Erlbaum: London.
- Baudot, J. (1992). *Fréquence d'utilisation des mots en français écrit contemporain* (Word frequency in contemporary written French). Montréal: Presses de l'Université de Montréal.
- Béland, R., & Lecours, A.R. (1990). The MT-86- $\beta$  Aphasia Battery: A subset of normative data in relation to age and level of school education. *Aphasiology*, 4, 439-462.

- Béland, R., Bois, M., Seron, X., & Damien, B. (1999). Phonological spelling in a DAT patient: The role of the segmentation subsystem in the phoneme-to-grapheme conversion. *Cognitive Neuropsychology*, 16, 115-155.
- Belleville S., Caza, N. & Peretz, I. (2003). A neuropsychological argument for a proceduralist view of memory. *Journal of Memory and Language*, 48, 686-703.
- Belleville, S., Châtelets, J., Fontaine, S., & Peretz, I. (2002). Normes de la Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire Memoria. Institut universitaire de gériatrie de Montréal.
- Belleville, S., Peretz, I., & Arguin, M. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory: Evidence from a case of selective disruption. *Brain and Language*, 43, 713-746.
- Brown, G.D.A., Preece, T., Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107, 127-181.
- Burgess, N., & Hitch, G.J. (1999). Memory for serial order: a network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106, 551-581.
- Campbell, R. & Butterworth, B. (1985). Phonological dyslexia and dysgraphia in a highly literate subject: A developmental case with associated deficits of phonemic processing and awareness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 435-475.



- Caplan, D. Rochon, E. & Waters, G.S. (1992) Articulatory and Phonological Determinants of Word Length Effects in Span Tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A, Human Experimental Psychology*, 45, 177-1992.
- Caza, N. & Belleville, S. (1999). Semantic contribution to immediate serial recall using an unlimited set of items: Evidence for a multi-level capacity view of short-term memory. *International Journal of Psychology*, 34, 334-338.
- Caza, N., Belleville, S., & Gilbert, B. (2002). How loss of meaning with preservation of phonological word form affects immediate serial recall performance: A linguistic account. *Neurocase*, 8, 225-273.
- Coltheart, V. (1999). Comparing short-term memory and memory for rapidly presented visual stimuli. *International Journal of Psychology: Special Issue on Short-term/Working Memory*, 34, 293-300.
- Conrad, R. & Hull, A.J. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55, 429-432.
- Content, A., Mousty, P., & Radeau, M. (1990). Brulex: Une base de données lexicales informatisée pour le Français écrit et parlé (A computerized lexical base for written and spoken French). *L'Année Psychologique*, 90, 551-566.
- Cycowicz, Y.M., Friedman, D., Rothstein, M. & Snodgrass, J.G. (1997). Picture naming by young children: Norms for name agreement, familiarity and visual complexity. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 171-237.
- Dell, G.S. & O'Seaghdha, P.G. (1992). Stages in lexical access in language production. *Cognition*, 42, 287-314.

- DeRenzi, E. & Faglioni, P. (1978). Normative data and screening power of shortened version of the Token Test. *Cortex*, 144, 41-49.
- Fallon, A.B., Groves, K. & Tehan, G. (1999). Phonological similarity and trace degradation in the serial recall task: when CAT helps RAT, but not MAN. *International Journal of Psychology*, 34, 301-307.
- Goodglass, H. & Kaplan, E. (1972). *The assessment of aphasia and related disorders*, Philadelphia: Lea & Febiger.
- Griffiths, T.D., Penhume, V.M., Peretz, I., Dean, J.L., Patterson, R.D., & Green, G.G. R. (2000). Frontal processing and auditory perception. *NeuroReport*, 11, 919-922.
- Gupta, P. (2003). Examining the relationship between word learning, nonword repetition and immediate serial recall in adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 1213-1236.
- Gupta, P., Lipinski, J., & Aktunc, E. (2005). Reexamining the phonological similarity effect in immediate serial recall: The roles of type of similarity, category cuing, and item recall. *Memory & Cognition*, 33, 1001-1015.
- Gupta, P. & MacWhinney, B. (1997). Vocabulary acquisition and verbal short-term memory: Computational and neural bases. *Brain and Language*, 59, 267-333.
- Henry, L. (2008). Short-term memory coding in children with intellectual disabilities. *American Journal of Mental Retardation*, 113, 187-200.
- Hitch, G., Woodin, M., Baker, S. (1989). Visual and phonological components of working memory in children. *Memory & Cognition*, 17, 175-185.

- Hitch, G., Halliday, S., Schaafstal, A, Schraagen, J. (1988). Visual working memory in young children. *Memory & Cognition*, 16, 120-132.
- Howard, D., & Nickels, L. (2005). Separating input and output phonology; semantic, phonological, and orthographic effects in short-term memory impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 42-77.
- Hulme, C., Mauhgan, S. & Brown, G.D. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words : Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30, 685-701.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Brown, G., & Mercer, R. (1995). The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86, 527-536.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Schweickert, R., Brown, G.D.A., Martin, S., & Stuart, G. (1997). Word-frequency effects on short-term memory tasks: Evidence for a redintegration process in immediate serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1217-1232.
- Jarrold, C., Cocksey, J., & Dockerill, E. (2008). Phonological similarity and lexicality effects in children's verbal short-term memory: Concerns about the interpretation of probed recall data, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 324-340.
- Jefferies, E.; Frankish, C.; Lambon Ralph, M. A. (2006). Lexical and semantic influences on item and order memory in immediate serial recognition: Evidence from a novel task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 949-964.

- Knott, R., Patterson, K., & Hodges, J.R. (1997). Lexical and semantic bonding effects in short-term memory: Evidence from semantic dementia, *Cognitive Neuropsychology*, 14, 1165-1216.
- Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: the importance of distinguishing item and order information. In A. Thorn & M. Page (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain*. London, UK: Psychology Press.
- Majerus, S., Van der Linden, M., Poncelet, M., & Metz-Lutz, M.N. (2004). Can phonological and semantic short-term memory be dissociated? Further evidence from Laudau-Kleffner syndrome. *Cognitive Neuropsychology*, 21, 491-512.
- Martin, N., & Saffran, E.M. (1992). A computational account of deep dysphasia: Evidence from a single case study. *Brain and Language*, 43, 240-274.
- Martin N. & Saffran, E.M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, 70, 437-482.
- Martin, N., Saffran, E.M., & Dell (1996). Recovery in deep dysphasia: Evidence for a relation between auditory-verbal STM capacity and lexical errors in repetition. *Brain and Language*, 52, 83-113.
- Martin, N., Dell, G.S., Saffran, E.M. & Schwartz, M.F. (1994). Origins of paraphasias in deep dysphasia : Testing the consequences of a decay impairment to an interactive spreading activation model of language. *Brain and Language*, 47, 609-660.

- Martin, R.C., Lesch, M. & Bartha, M. (1999). Independence of input and output phonology in word processing and short-term memory. *Journal of Memory and Language*, 41, 3-29.
- Martin, R.C., & Romani, C. (1994). Verbal working memory and sentence comprehension: A multiple components view. *Neuropsychology*, 8, 506-523.
- Martin, R.C., Shelton, J. & Yaffee, L.S. (1994). Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language*, 33, 83-111.
- Murdock, B.B. (1976). Item and order information in short-term serial memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 105, 191-216.
- Nairne, J.S. & Kelley, M.R. (1999a). Reversing the phonological similarity effect. *Memory & Cognition*, 27, 45-53.
- Nairne, J.S. & Kelley, M.R. (1999b). Separating item and order information through process dissociation. *Journal of Memory and Language*, 50, 113-133.
- Neath, I. (1997). Modality, concreteness, and set-size effects in a free reconstruction of order task. *Memory & Cognition*, 25, 256-263.
- Patel, A.D., Peretz, I., Tramo, M., & Labrecque, R. (1998). Processing prosodic and musical patterns: A neuropsychological investigation. *Brain and Language*, 30, 331-347.
- Peretz, I., Belleville, S. & Fontaine, S. (1997). Dissociations between music and language after cerebral damage: A new case of music deficits without aphasia. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51, 354-367.

- Peretz, I. & Gagnon, L. (1999). Dissociation between recognition and emotional judgment for melodies. *Neurocase*, 5, 21-30.
- Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy and isolation after brain damage. *Cognition*, 68, 111-141.
- Poirier, M. & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: further evidence on the influence of semantic factors in immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48, 384-404.
- Saffran, E.M. & Martin, N (1990). Short-term memory impairment and sentence processing: a case study. In Vallar, G. & Shallice, T. *Neuropsychological Impairments of short term memory* (pp. 428-447). Cambridge: Cambridge University Press.
- Saint-Aubin, J. & Poirier, M. (1999a). The influence of long-term memory factors on immediate serial recall: An item and order analysis. *International Journal of Psychology*, 34, 347-352.
- Saint-Aubin, J. & Poirier, M. (1999b). Semantic similarity and immediate serial recall: is there a detrimental effect on order Information ? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 367-374.
- Shallice, T., & Vallar, G. (1990). The impairment of auditory short-term storage. In Vallar, G. & Shallice, T. *Neuropsychological Impairments of short term memory* (pp.11-53). Cambridge: Cambridge University Press.
- Vallar, G., & Cappa, S.F. (1987). Articulation and verbal short-term memory: Evidence from anarthria. *Cognitive Neuropsychology*, 4, 55-77.

- Walker, I. & Hulme, C. (1999). Concrete words are easier to recall than abstract: evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 25, 1256-1271.
- Wexler, B.E., & Halwes, T. (1983). Increasing the power of dichotic methods: The fused rhymed words test. *Neuropsychologia*, 21, 59-66.
- Whiteman, H.L., Nairne, J.S., & Serra, Matt (1994). Recognition and recall-like processes in the long-term reconstruction of order. *Memory*, 2, 275-294.

## **CHAPITRE 3**

### **Article 2**

#### **Contribution of Orthographic Coding to Verbal Short-Term Memory: Evidence from the Orthographic Neighborhood Effect**

Véronique Chassé & Sylvie Belleville



### **Acknowledgments**

This work was supported by a studentship from the Canadian Institutes of Health Research (CIHR) to Véronique Chassé and by a grant from the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC) and a chercheur-boursier fellowship from the Fonds de la Recherche en Santé du Québec (FRSQ) to Sylvie Belleville. We would like to thank I.R. and control participants for their participation to the study.

**Abstract**

A growing amount of data supports the contribution of multiple linguistic coding (phonological, lexical, semantic) in verbal short-term memory (STM). However, and surprisingly, the role of orthographic coding in verbal STM has never been assessed in a way that clearly permits probing this factor without the confound factor of visual similarity. The goal of this study was to fill that gap by testing effects of orthographic neighborhood size of words on immediate serial recall (ISR) in a phonologically impaired patient (I.R.) and in control participants. In the two first experiments, the impact of orthographic neighborhood size on ISR was assessed by comparing memory for items with a large vs small orthographic or phonological neighborhood size (Experiment 1) and while controlling for frequency of neighborhoods (Experiment 2). In Experiment 3, the impact of consistent orthographic and phonological similarity was tested. Overall, disruptive orthographic effects in I.R. and facilitating effects in controls support the use of orthographic representations in verbal STM. Results are discussed in regard to the psycholinguistic theory of word processing and STM.

*Keywords:* Short-Term Memory, Immediate Serial Recall, Psycholinguistic models, Orthographic Neighborhood, Orthographic coding, Phonological coding.

Short-term memory for verbal items has long been thought to rely solely on a phonological short-term stock complemented by an articulatory-based rehearsal process (e.g. Baddeley, 1986). In this view, immediate serial recall (ISR), in which participants are asked to memorize short sequences of verbal items and to recall them in their serial order, has been interpreted as relying on the short-term maintenance of articulatory-phonological features and as not being influenced by other linguistic characteristics of items. Yet, in the last two decades, there has been growing evidence that other linguistic representations, particularly lexical and semantic ones, contribute to verbal ISR (Caza & Belleville, 1999; Hulme, Roodenrys, Brown, & Mercer, 1995; Hulme, Mauhgan, & Brown, 1991; Hulme et al., 1997; Poirier & Saint-Aubin, 1995; Saint-Aubin & Poirier, 1999a; Saint-Aubin & Poirier, 1999b). These data are in line with a theoretical view according to which verbal STM is constrained by language mechanisms (Allport, 1983; Crowder, 1982; 1993). Such a view has been systematized into psycholinguistic models of verbal STM suggesting that various linguistic representations of verbal items are involved in the short-term retention of words (e.g., Gupta & MacWhinney, 1997; Martin & Saffran, 1997; R.C. Martin, Lesch & Bartha, 1999; Majerus, 2009; Monsell, 1987). Thus, it also predicts that orthographic representations should participate in short-term retention of words when these are presented in their written-word format. Although the contribution of orthographic representations in the short-term retention of verbal items is considered by some authors (e.g. Allport, 1985; Monsell, 1987), the role of orthographic representations in verbal STM has never been directly tested in a way that clearly permits the probing of this factor without the confound factor of visual similarity.

The aim of the present study was to contribute to this issue by assessing the impact of orthographic representation on the short-term retention of verbal material presented in a written format. This was done by comparing ISR for words that have a large orthographic neighborhood (N) size to ISR for words that have a small orthographic N size. The orthographic N comprises words sharing common orthography with the target except for one single letter (e.g. *train* and *trail* are orthographic neighbors; Coltheart, Davelaar, Jonasson, & Besner, 1977). As will be discussed below, orthographic N size effects reflect the activation of lexical and/or sub-lexical orthographic representations, and unlike other visually based factors, its effect on ISR can not be interpreted as arising from visuo-spatial short-term memory. In the following, indirect evidence for an orthographic contribution in short-term memory is first discussed. Then, a brief overview of the literature on N size effects in the language and the short-term memory domains is provided, followed by our study hypotheses.

### **Indirect evidence for orthographic effects**

A number of past studies have attempted to uncover orthographic effects on ISR by looking at the effect of the visual similarity of written words on their ISR. For example, Logie, Della Sala, Wynn & Baddeley (2000) reported that visual word similarity (e.g., *fly*, *shy*, *try*) has a detrimental effect on ISR. Such an effect has also been shown when items are presented rapidly, a condition deemed to minimize phonological recoding of items (Wolford & Hollingsworth, 1974). A similar effect was obtained using visually similar Chinese characters with little or no pronunciation cues (Yik, 1979). Using rapid serial visual presentation, Coltheart, Mondy, Dux &

Stephenson (2004) showed that orthographic word length reduced ISR when controlling for phonological length. Studies of brain-damaged patients also provide evidence for visual coding in ISR. K.F. a patient with a severe and selective defect of auditory verbal STM (Warrington & Shallice, 1969) did not produce phonological confusions, but showed evidence of visual confusion when phonologically similar strings of letters were presented visually (Warrington & Shallice, 1972). More recently, Best & Howard (2005) showed that M.J.K., a patient with phonological dyslexia, exhibited better performance when presented with visual rather than auditory stimuli. She also better recalled Arabic numerals than written ones and was impaired by their visual similarity (Best & Howard, 2005).

Overall, these data suggest a contribution of visual coding to ISR which appears more apparent in conditions that minimize the use of phonological representations (e.g. under articulatory suppression or using rapid visual presentation of stimuli in healthy individuals, and in brain-damaged patients with phonological deficits). However, because most paradigms have presented items that are both orthographically and visually similar, it is unclear whether the effect arises from the visual similarity among items or from the fact that they share orthographic features. If the effect is strictly visual, the similarity effect could simply arise from confusion within a visual stock and not from orthographic representations. Disentangling the two interpretations is crucial because finding a “genuine” orthographic effect would provide strong support to the linguistic view of ISR.

### Phonological and Orthographic Neighborhood Size Effects

Phonological or orthographic neighbors of a word are items that are similar to the target on this particular dimension. Phonological neighbors are words that differ from the target by a single phoneme (*wipe* [wīp] and *weep* [wēp] are phonological neighbors). Orthographic neighbors are words that differ from the target by a single letter (*fee* [fee] and *fed* [fed] are orthographic neighbors; Coltheart et al., 1977). The N size effect relates to the number each word has— orthographic or phonological— and that this has an impact on a wide range of linguistic processing tasks.

When tested in the auditory domain with phonological neighbors, phonological N size has been shown to have a detrimental effect on single word input processing, such as auditory word recognition (e.g., Luce & Pisoni, 1998; Ziegler et al., 2003), but to facilitate output lexical processing in picture naming (Vitevitch, 2002). Consistently, some studies report a facilitating effect of phonological N size on ISR suggesting that speech production mechanisms are related to STM tasks (Allen & Hulme, 2006; Roodenrys, Hulme, Lethbridge, Hinton, & Nimmo, 2002).

The N size effect has also been tested in the visual domain with orthographic neighbors. However, the data is less clear-cut (for a review, see Mathey, 2001). Overall, it tends to suggest that orthographic N size can facilitate both lexical input and output processing. For example, responses in visual lexical decision tasks and word-naming tasks are faster when tested with words that have a larger orthographic N than for words that have a smaller one (Andrews, 1989; 1992; Grainger et al., 2005).

One classic interpretation of N size effects is provided by interactive activation models of language processing whereby lexical retrieval relies on the interactive activation between sub-lexical and lexical levels of processing (e.g., Andrews, 1989; Ziegler, Muneaux & Grainger, 2003; Grainger, Muneaux, Farioli, & Ziegler, 2005). Detrimental N size effects have typically been explained by a mechanism of lateral inhibition resulting from the competition between the activated target and its neighbors within the lexical level (e.g. Luce & Pisoni, 1998, Grainger & Jacob, 1996; Grainger et al., 2005). On the other hand, mechanisms accounting for facilitating N size effect appear less consensual. A recent interpretation relates to the fact that most orthographic neighbors are also phonological ones, so-called phonographic neighbors (e.g. *goat* [goht] and *boat* [boht] are both phonographic neighbors). In this view, it is the impact of the phonographic N that would account for facilitating N effect in visual word recognition tasks (Grainger et al., 2005), denomination (Peereman & Content, 1997) and auditory word recognition (Ziegler et al., 2003).

In line with such data, some authors have suggested that the occurrence of a cross-code consistency at the sub-lexical level, when items are orthographically and phonologically compatible, account for facilitating N size effects (Ziegler et al., 2003; Grainger et al, 2005). Consistency generally occurs when a word adhere to standard spelling-sound correspondance and has many orthographic neighbors. Indeed, when a word has a large number of orthographic neighbors, there is also a higher probability that it will also have a high number of phonological neighbors, leading to consistent orthographic to phonological mapping. On the other hand, if a word has a large

number of phonological or orthographic neighbors that are not phonographic ones, no facilitating activation should occur at the sub-lexical level, and competition between neighbors should prevail.

The starting hypothesis of this work is that ISR and single-word processing depend on common mechanisms involving the interactive activation of sub-lexical and lexical representations (e.g. Gupta, 2003; Martin & Saffran, 1997; R. Martin et al., 1999; Majerus, 2009). This view suggests that different linguistic representations can influence immediate recall depending on the recall conditions such as format of presentation of stimuli (e.g. Martin & Saffran, 1997). Because orthographic N size impact on language processing, it should also impact on ISR if stimuli are presented in their written format. Furthermore, N effects should be accounted for by the same mechanisms as the ones used in the language domain.

We propose to address this issue by measuring whether the orthographic N size has an impact on the ISR of visually presented words. This will be done first by comparing ISR for items that have a large orthographic N size to items that have a small one. The interest of our paradigm is that the two sets do not differ in their phenomenological or visual characteristics but only differ in dimensions that are strictly related to their particular position in an underlying orthographic lexicon. For this reason, we believe that the finding of an orthographic N size effect on ISR is a strong test for the role of orthographic representations in STM and would provide additional support to the linguistic view of verbal STM.

This study includes three experiments. Experiment 1 compared ISR for items with a large orthographic N and for items with a smaller orthographic N. As a control



we also examined ISR for items with a large phonological vs small phonological N. Experiment 2 measured the effect of orthographic N size by controlling the frequency of the neighbors, as this might determine the impact of N effect (Grainger, 1990) in STM tasks (Roodenrys et al., 2002). Finally, Experiment 3 assessed the impact of combined orthographic and phonological similarity (using so-called phonographic neighbors) in comparison to the sole impact of orthographic similarity (using orthographic neighbors). Orthographic N effects were tested in healthy adults and in I.R., a brain-damaged participant having presented a reduced span due to difficulties in processing phonological information (Belleville, Caza & Peretz, 2003).

The psycholinguistic view of verbal STM predicts that orthographic representations should be involved in the short-term retention of written material. Based on the empirical literature reviewed above, it is expected that phonological and orthographic N size should have a facilitative effect in healthy controls. However, the contribution of orthographic coding to verbal STM is expected to differ in I.R. due to her weakened phonological network activation. The cross-code consistency mechanism that explains facilitative N size effects has been explained by a combination of lexical inhibition and phonological-to-orthographic congruency. Because I.R. has weakened phonological activation resulting in a reduced contribution of phonological representations in STM tasks, it is expected that only lexical inhibition should occur, resulting in a detrimental effect of orthographic N size.

### **Case Report**

I.R. is a 50 years old French-speaking woman who is right-handed and has 10 years of education. Prior to her stroke, I.R. used to work as the manager of a restaurant.

In 1984, at the age of 28, she experienced the rupture of a giant aneurysm on the left middle cerebral artery that was surgically clipped. She developed consecutive right hemiplegia and language difficulties similar to those encountered in conduction aphasia. One year later, she had recovered most of her capacities. During this period, I.R. received a second intervention to clip another aneurysm located on the right middle cerebral artery. She remained mute for one month after the intervention. She progressively recuperated most of her language capacities (which are detailed below), but was left with a left spastic hemiparesia that still remains today.

I.R.'s bilateral lesions have been described extensively by Patel, Peretz, Tramo & Labrecque (1998), based on the results of a CT scan using 10 mm slices conducted 10 years after brain surgeries, and by Griffiths et al. (1997), based on a high resolution spiral sequence CT-scan using 1.5 mm slices. Due to the presence of ferrous clips, an MRI scan of her brain could not be performed. Scans indicate infarction of most of the left superior temporal gyrus (STG). In the left temporal lobe, lesions extend inferiorly into the pre-and post central gyrii, and include the posterior half of the insula. Lesions also include a large part of the frontal lobe, with most of the precentral and inferior frontal gyrii being infarcted, as is the white matter underlying them.

I.R.'s language capacities have been described previously and are summarized below (Peretz, Belleville & Fontaine, 1997). Her results on different standardized language tasks and on additional linguistic tasks (mainly taken from Béland, Bois & Seron, 1999) are presented in Table 1 and Table 2. At the conversational level, her only difficulty is with pronunciation, as she has moderate dysarthria and a bucco-facial apraxia. I.R. has globally intact production and comprehension capacities. Repetition

of words is also spared. Some difficulty with the repetition of long irregular sentences has been observed. In regard to the processing of the orthographic codes, word and sentence reading are normal (see Table 1). In addition, she presents no difficulty in performing word-image matching and in reading prose.

Assessment of lexico-phonological processing showed that she was able to perform visual word rhyme judgment (e.g., “*royaume* [rwajom] -*fantôme* [fãtom]”) and a visual homophony task (e.g., “*pain* [pɛ̃]-*pin* [pɛ̃]”; Belleville, Peretz, & Arguin, 1992). However, when non-words are used, I.R.’s reading, repetition and rhyme-judgment have been shown to be slightly impaired, presumably because these stimuli do not allow use of lexico-semantic representations.

(Insert Table 1 and Table 2)

I.R. has also been extensively examined in neuropsychology and her results on several neuropsychological tasks have been previously reported (Belleville et al., 2003). I.R. shows normal global I.Q. (94; verbal=98; performance=95) and a memory quotient compatible with intellectual capacities (MQ=99). Visuo-perceptual and visuo-constructive processing is normal. I.R. also shows normal executive functions (in spite of a general slowing on Trail A and B). However, she exhibits severe amusia and has been extensively tested in this regard (Griffiths et al., 2000; Patel et al., 1998; Peretz & Gagnon, 1999; Peretz, Gagnon, & Bouchard, 1998a; Peretz et al., 1997).

Another striking feature in I.R. concerns her reduced span for verbal items (Belleville et al., 2003). She shows a reduced span for digits (3 for both auditory and visual modalities), words (2-3 for auditory and visual modalities respectively) and letters (2 for both auditory and visual modalities). Thus her verbal span is reduced in

both the auditory and visual modalities but the effect is somewhat larger in the auditory modality for words. Notably, she is not impaired relative to healthy controls when tested with non-verbal material such as faces and visuo-spatial locations. Belleville et al. (2003) investigated extensively I.R.'s short-term and long-term retention capacities and documented a selective disruption of memory for phonological information.

In the present study, I.R.'s performance was compared to that of 10 neurologically intact control participants. These were matched with our patient according to age (mean=49.6; SD=4.16), sex, and years of education (mean=13.3; SD=1.05).

### **Experiment 1: Impact of Orthographic and Phonological N Size on ISR**

In this first experiment, ISR of words with large orthographic N was compared to ISR of words with small orthographic N (Orthographic N size effect). As a control condition, we also investigated the phonological N size effect by comparing ISR of words with large phonological N and ISR of words with small phonological N. This was done while controlling for orthographic N size to prevent contamination effect. A disruptive orthographic N size effect but no phonological N effect is expected in I.R. Because she is phonologically impaired, no facilitating sub-lexical influence (phonological to orthographic consistency) is predicted and the impact of large orthographic N on ISR should thus be inhibiting due to competition among neighbors. Furthermore, her phonological deficit should prevent her from being influenced by the manipulation of phonological N. In controls, however, it was expected that orthographic N size should have a facilitative effect, based on the literature reviewed above. Phonological N size was also expected to have a facilitative effect, based on

previous results (Allen & Hulme, 2006; Roodenrys et al., 2002; but see also Goh & Pisoni, 2003).

## **Method**

### **Materials and procedure.**

To test the orthographic N size effect, two sets of nine monosyllabic words were created. Set 1 was made of words with large orthographic N, i.e., of words with more than 12 neighbors. Set 2 was made of words with small orthographic N, i.e., words having less than four neighbors (see Appendix A, Table A1). Sizes of orthographic N were taken from the online French psycholinguistic database Voisins (Lexique 2; New, Pallier, Brysbaert & Ferrand, 2004). All words were concrete substantives matched across sets for their frequency of occurrence (Lexique 2; New et al., 2004) and had a CVC (consonant-vowel-consonant) structure. The two sets were also comparable in terms of the size of their phonological N. Intra-set phonological similarity was prevented, as far as it was possible. For each set, 10 lists of words were constructed by selecting items randomly with no replacement.

To test the phonological N size effect, two sets of nine monosyllabic words were created. Set 1 was composed of words with a large phonological N. Set 2 was made up of words with a small phonological N (see Appendix A, Table A2). The large N size set contained words with 19 neighbors or more, while the small N set contained words with less than four neighbors (except for one item: “*sel*” [*sɛl*] = 9). Size of orthographic N was taken from the online French psycholinguistic database Graphèmes (Lexique 2; New et al., 2004). Items were matched across sets for their frequency of occurrence (Lexique 2; New et al., 2004). All items were matched for

their syllabic structure. All items had a CVCV structure except for two items having a CVC structure within each list. Once again, intra-set phonological similarity was prevented, as far as it was possible. The two sets were comparable in terms of the size of their orthographic N to control for concomitant effect. Ten lists of items were constructed for each set of words by selecting items randomly from each set with no replacement.

The length of the lists was adjusted individually to the span size of each participant: list length was one item longer than the participant's word span tested under similar conditions (Belleville, Peretz, & Arguin, 1992). Therefore, I.R. was tested with lists of three items and control participants were typically tested with lists of five items.

To assess the orthographic N size effect, lists were visually presented on the screen of a computer using Power Point at the rate of one item per two seconds. The experimenter initiated the trials. Participants were asked not to verbalize the presented items and not to move their lips while reading. Immediately after each list had been presented, the participants were provided with an answer sheet and then asked to write down the items in the order in which they had been presented. The prepared answer sheet comprised numbered lines, and participants were instructed to leave the lines blank for forgotten items.

To assess the phonological N size effect, the procedure was similar except that stimuli were presented auditorily and recalled orally. Lists were read by the same female experimenter at the rate of one item per two seconds. Participants were asked

to recall words in their correct order immediately after their presentation and to substitute the word “pass” for any items they could not recall.

In addition to the computation of percent serial recall, patterns of errors produced by participants were examined. This was done because the type of errors most commonly produced during ISR could provide additional evidence as to whether orthographic information had influenced the task. Errors were first classified as Order errors (correct items recalled in the incorrect position) or Item errors (incorrect or missing items). Item errors were further classified as Omissions (missing items), extra-set intrusions (ESI: words that were not in the experimental item sets and that did not share substantial similarity with an item presented in that list), intra-set intrusions (ISI: words in the item set, but not presented in the relevant trial), phonological approximations (PA), orthographic approximations (OA) and phonographical approximations (PGA). Phonological approximations were responses that shared at least 50% of phonemes with an item in the presented list, thus including phonological neighbors (i.e., “*lait*” [lɛ] instead of “*taie*” [tɛ]) and homophones (i.e., “*cerf*” [sɛr] instead of “*serre*” [sɛr]). Orthographic approximations were responses that shared at least 50% of letters with an item in the presented list but that were not phonological approximations (i.e., “*paon*” [pɑ̃] instead of “*taon*” [tɑ̃]) or orthographic errors that resulted in pseudowords (i.e., “*lyn*” instead of “*lin*” [lɛ̃]). Phonographical approximations were responses that shared common phonology and orthography with an item presented in the list (e.g., “*guiche*” [ɡiʃ] instead of “*quiche*” [kiʃ]).

## Results

### **Orthographic neighborhood size effect.**

#### ***Correct recall.***

Each response was counted as correct if it was the correct item recalled in the correct order. Percent serial recall was computed for each list (Large Orthographic N, Small Orthographic N) (see Table 3). In controls, tests of mean comparisons indicated that there was no significant difference between the ISR of words with large orthographic N and that for words with small orthographic N, [ $t(9) = 1.66$ ].

To assess the orthographic N size effect in I.R. and allow comparison with healthy controls, an orthographic N size effect was computed with the formula [Large Orthographic N - Small Orthographic N / Large Orthographic N]. These Effect scores are presented in Table 3. To assess deviancy between the patient and controls, I.R.'s effect scores were transformed into z-scores using the average and the standard deviation obtained by the group of control participants. I.R.'s z-score that was above 1.64 or below -1.64 was considered deviant. Results indicate that, contrarily to controls, I.R. shows a reliable disruptive orthographic N effect.

(Insert Table 3)

#### ***Pattern of recall errors.***

Table 4 shows the type of errors produced by I.R. and her controls in the two word conditions. In healthy controls, no significant difference was found between order errors for words with large orthographic N and words with small orthographic N, [ $t(9) = -0.56$ ]. Ratios of order error per item recalled were also computed by dividing the total number of order errors by the number of items recalled regardless of order.



This was done to prevent confounding differences in order memory with different levels of item memory (Murdock, 1976). Still, no significant difference was found between order errors for words with large orthographic N and words with small orthographic N, [ $t(9) = -0.74$ ].

No significant difference was found for total item errors [ $t(9) = -0.83$ ]. However, controls produced more omissions [ $t(9) = -6.30$ ],  $p < 0.001$  when words with a small N rather than large N were presented and more phonographical errors [ $t(9) = 3.97$ ],  $p < 0.01$  when words with large rather than small orthographic N were presented. In comparison to controls, I.R. committed more item errors when words with large orthographic N were presented rather than when words with small orthographic N were shown.

(Insert Table 4)

### **Phonological neighborhood size effect.**

#### ***Correct recall.***

Each response was counted as correct if it was the correct item recalled in the correct order. Percent serial recall was computed for each word set (Large Phonological N, Small Phonological N) (see Table 5).

In controls, size of phonological N had no impact on ISR, as no difference was found between ISR for words with large and small phonological N [ $t(9) = -0.22$ ]. To assess the phonological N size effect in I.R. and allow comparison with healthy controls, Effect scores were computed according to the formula [Large Phonological N– Small Phonological N/ Large Phonological N]. These Effect scores are presented in Table 5. Once again, to assess deviancy between the results of patient and controls ,

I.R.'s effect scores were transformed into z-scores using the average and the standard deviation of the effect scores of its control group. A z-score above 1.64 or below -1.64 was considered deviant. I.R.'s performance no longer differed from that of controls, as she showed no phonological N size effect.

(Insert Table 5)

***Pattern of recall errors.***

Table 6 shows the proportion of different error categories. No significant difference was found between order errors for words with large phonological N and words with small phonological N, [ $t(9) = -0.18$ ]. This was also the case when ratios of order error per item recalled were computed by dividing the total number of order errors by the number of items recalled regardless of order, [ $t(9) = 0.08$ ]. However, controls showed a significantly higher number of phonological approximations, [ $t(9) = 2.39$ ],  $p < 0.05$ , in the Large Phonological N condition.

(Insert Table 6)

**Discussion**

Orthographic N size had a detrimental effect in I.R. who showed better recall for words with a small orthographic N than for words with a large orthographic N. Consistent with our hypotheses, I.R. showed no phonological N size effect, presumably due to her phonological impairment. Though no orthographic effect was obtained in healthy adults when analyzing correct recall, indications for an orthographic contribution were found when looking at the nature of errors. First, they committed more phonographical errors with large N words than with small orthographic ones. Furthermore, many of these errors were neighbor intrusions,

indicating that they were sensitive to the N size of the presented items. Contrary to expectations, healthy controls did not show a phonological N size effect when analyzing correct recall, but they did when looking at the nature of errors. They produced more phonological errors when words with large rather than small phonological N were presented and many of these errors were phonological neighbor intrusions.

Our failure to obtain a phonological N effect on correct responses in controls does not corroborate previous data (Allen & Hulme, 2005; Roodenrys et al, 2002). Control for the orthographic size of our stimuli could account for the discrepancy of our results and indicate that orthographic N plays a role in the previously obtained phonological N effect. However, such a conclusion cannot be favored, as several other methodological differences (e.g. language of testing, age of participants, size of sets, frequency of stimuli) among previous studies and the present one can also explain the absence of effect.

The results in I.R. support the use of orthographic representations in ISR. Notably, the direction of the orthographic N effect in I.R. is the opposite of that which is reported in the literature with single word processing tasks in which a small N size was shown to impede rather than facilitate performance. This suggests that the effect in I.R. arises from a lexical inhibition mechanism. A related hypothesis is that I.R. cannot benefit from the phonological-to-orthographic consistency (Ziegler et al., 2003; Grainger et al., 2005) because of her impaired phonology. Because facilitating N effects would depend on the joint activation of orthographic and phonological

representations and because I.R. is phonologically impaired, a disruptive orthographic N effect would occur.

Another crucial factor that might account for the disruptive orthographic N effect in I.R. relates to the fact that frequency of neighbors was not controlled. This could also account for the fact that controls produced a high rate of phonographic errors in the large orthographic N size condition. Indeed, words with less frequent neighbors are better processed than words with more frequent neighbors in lexical decision tasks (Grainger, 1990; Grainger & Jacobs, 1996; Zagar & Mathey, 2000). Furthermore, Roodenrys et al. (2002) observed that words were more likely to be correctly recalled if they had lower average word-neighborhood frequency, due to a reduced likelihood of committing a neighbor intrusion (but see Roodenrys et al., 2002, Exp. 2 & 3). To clarify this issue, the impact of orthographic N size was re-assessed in a second experiment while controlling for frequency of N.

### **Experiment 2: Impact of Size and Frequency of Orthographic**

#### **Neighborhood on ISR**

In this second experiment, the effect of orthographic N size ISR was re-assessed by comparing ISR of words with a large or small orthographic N. Importantly, care was taken that the items in the N were not more frequent than the item to be remembered. This was done to reduce a potential inhibitory impact of frequent neighbors within a large N, which might have accounted for the fact that the effect of a large N on ISR was found to be disruptive. If the effect found in Experiment 1 is not solely due to the disruptive effect of frequent neighbors, a disruptive impact of large orthographic N should be found in I.R. Prediction in healthy adults was unclear. The

literature would support a facilitative effect. Words with a large orthographic N were thus expected to be better recalled than words with a small orthographic N.

## **Method**

### **Materials and procedure.**

The procedure was similar to that used in Experiment 1 when testing the orthographic N effect. Two sets of nine monosyllabic words were created (see Appendix B). Set 1 comprised nine words with a large orthographic N (12 orthographic neighbors or more;  $X=14.11$ ;  $SD=2.52$ ) that were also the first or second more frequent items within this neighborhood. Set 2 comprised nine words with a small orthographic N (less than four neighbors;  $X=1.25$ ;  $SD=1.59$ ). Due to frequency matching constraints, they also were the most frequent of their N. Sizes of orthographic N were taken from the online French psycholinguistic database Voisins (Lexique 2: New et al., 2004). Stimuli were words matched across sets for their frequency of occurrence (Lexique 2: New et al., 2004) and their syllabic structure (CVC or CV structure). Items in the two sets were also comparable in terms of the size of their phonological N. Intra-set phonological similarity was prevented, as far as it was possible. Ten lists were constructed for each set by selecting items randomly with no replacement.

## **Results**

### **Orthographic N size effect.**

#### *Correct recall.*

The data are reported in Table 7 for I.R. and controls. Control participants showed an orthographic N size effect, with better recall for words having a large

orthographic N than for words with a small orthographic N [ $t(9) = 3.32$ ],  $p < 0.01$ . I.R. showed a reverse effect in comparison to control participants, as she showed better recall for words with a small orthographic N than for words with a large orthographic N.

(Insert Table 7)

***Pattern of recall errors.***

Errors were categorized in the same manner as in Experiment 1 and are shown in Table 8. In controls, no significant difference was found between order errors for words with large and small orthographic N, [ $t(9) = -0.34$ ]. A similar result was obtained when ratios of order error per item recalled were computed by dividing the total number of order errors by the number of items recalled regardless of order, [ $t(9) = -1.1$ ]. A significant N size effect was found for total item errors [ $t(9) = -3.32$ ],  $p < 0.01$ . More omissions were found for words with small orthographic N items than for those with large ones, [ $t(9) = -2.85$ ],  $p < 0.001$ .

(Insert Table 8)

**Discussion**

In this experiment, both I.R. and healthy controls showed an orthographic N size effect. Results for I.R. replicated the ones obtained in Experiment 1, as I.R. once again showed a disruptive orthographic N size effect. Thus, the disruptive effect of a large orthographic N size in I.R. is solid and cannot be accounted for by the frequency of the neighbors. The disruptive N size effect might relate to the lexical inhibition mechanisms due to the activation of competing neighbors.

In healthy older adults, the orthographic N size effect was facilitative as they better recalled words with large rather than small orthographic N. This is consistent with the literature on the orthographic N size effect (see Mathey, 2001 for a review). Thus, our failure to find an effect on correct recall in Experiment 1 might have come from the impact of using items that are less frequent than their neighbors. When using items for which recall is not disrupted by frequent neighbors, N size becomes facilitative. Overall, the impact of orthographic N supports similar processes in language and ISR.

### **Experiment 3: Impact of Phonography on ISR**

To further measure the contribution of orthographic coding in STM and to test the impact of the orthographic-to-phonological consistency, this last experiment compared ISR for items that were phonological and orthographic neighbors (phonographic neighbors; e.g., “*pool*” [pu:l] and “*fool*” [fu:l]) to ISR for items that were phonological neighbors without being orthographic neighbors (e.g., “*pool*” [pu:l] and “*rule*” [ru:l]). Therefore, the two sets of stimuli were phonologically similar (the two sets were composed of lists of rhyming items) but differed with regard to their orthographic similarity (Set 1 was composed of a list of orthographically similar items and Set 2 was composed of orthographically dissimilar items; see Appendix C, Table C1).

If I.R. relies on orthographic representations, the presentation of phonographic neighbors should be disruptive because their orthographic similarity should create confusion within the orthographic lexical network. Thus, phonological neighbors were predicted to be better recalled than phonographic ones. In controls, the reverse pattern

of results was expected. ISR was predicted to be reinforced by the combination and consistency of phonological and orthographic similarity. They were thus expected to have better recall for phonographic neighbors than for phonological neighbors. They were also expected to produce a high rate of phonographic errors with phonographic neighbors and a high rate of phonological errors with phonological neighbors.

## Method

### Materials and procedure.

The general procedure was similar to the one used in Experiment 1 when testing the orthographic N effect and the one used in Experiment 2. Two sets containing either phonographic neighbors or phonological neighbors were created (see Appendix C). Set 1 comprised ten lists of six words that were both phonological and orthographic neighbors (phonographic neighbor, e.g., “*cage*” [kaʒ], “*mage*” [maʒ], “*page*” [paʒ]...). Within each list of this first set, all items differed by one letter (except for two items that differed by two letters: “*quiche*” and “*chou*”) and by one phoneme. Set 2 comprised six words that were phonological neighbors, but not orthographic neighbors (e.g., “*toux*” [tu], “*loup*” [lu], “*joue*” [ju]...). Within each list of this second set, all items differed by two letters or more and by one phoneme. The list of phonographic neighbors was matched to the list of phonological neighbors for their frequency of occurrence (Lexique 2: New et al., 2004) and syllabic structure. Lists were presented visually on the screen of a computer and, after each trial, participants were provided with an answer sheet and then asked to write down the items in the order in which they had been presented.



## Results

### Phonographic effect.

#### *Correct recall.*

Results are presented in Table 9 for I.R. and healthy controls. In controls, mean comparisons using t-tests indicated a significantly better recall for phonographic neighbors than for phonological neighbors [ $t(9) = 2.66$ ],  $p < 0.05$ . Thus, as predicted, healthy controls benefited from the phonographic similarity of items. I.R. also showed an orthographic effect but the effect was the opposite relative to controls, as she showed better recall for words that were phonologically similar, in comparison to words that were phonographically similar. Thus, the orthographic similarity of items impaired I.R.'s ISR.

(Insert Table 9)

#### *Pattern of recall errors.*

Table 10 shows the type of errors produced by controls and I.R. under the two-word conditions. In healthy controls, there was no significant difference in the proportion of order errors produced in the phonographic and phonological conditions, [ $t(9) = 1.33$ ]. A similar result was obtained when ratios of order error per item recalled were computed by dividing the total number of order errors by the number of items recalled regardless of order, [ $t(9) = 1.00$ ]. A significant difference was found in the proportion of total item errors committed [ $t(9) = -4.07$ ],  $p < 0.01$ . Controls showed more omissions, [ $t(9) = -3.84$ ],  $p < 0.01$  and importantly, more phonological approximations [ $t(9) = -3.90$ ],  $p < 0.01$ , under the phonological condition than under the phonographic one. This pattern is strikingly different from the one obtained by

I.R., This patient produced relatively few order errors, and those are equivalent across conditions. Notably, she showed a high number of omissions and phonographic errors under the phonographic condition.

(Insert Table 10)

### **Discussion**

As predicted, I.R. was impaired by the orthographic similarity of items, her performance being lower when recalling phonographic than phonological neighbors. This experiment differed from the previous ones in that use of orthographical coding was measured here by manipulating orthographic similarity across items. In spite of this difference our data are consistent with those found in the two previous experiments and support the fact that she relies on the orthographic coding to perform ISR tasks. In contrast, controls showed the reverse pattern of results and were facilitated by the fact that stimuli shared common orthographic features. In the same line of thought, they produced more phonological approximations when phonological neighbors were presented. One could argue that the facilitating effect observed in control participants could reflect the ease of deriving a phonological code from an orthographic one (i.e. a spelling-sound consistency effect). However, such a hypothesis does not account for the disruptive effect observed in the patient. What is demonstrated here is a benefit of orthographic similarity among phonologically related items and could simply be interpreted as an orthographic similarity effect. However, visuo-orthographic effects are typically disruptive in the STM literature (e.g. Logie et al., 2000). In the present case, it is the consistency of the grapheme/phoneme correspondence within the phonographic neighbor list that appears to be supportive of controls. This is coherent

with the hypothesis that orthographic representations support the activation of phonological ones.

### **General Discussion**

Three experiments are reported to provide evidence for the influence of orthographic characteristics of words on ISR. This was done by testing the impact of orthographic N density on ISR. Importantly, these orthographic effects cannot be interpreted in terms of reliance on visual coding since the manipulated variable, i.e., the orthographic N size of words, is not a visual feature of the stimuli. Two experiments have shown that in I.R., a phonologically impaired patient, orthographic N size has a disruptive impact on ISR. Furthermore, a third experiment has shown that the orthographic similarity of items impairs ISR in her. In contrast, in healthy adults, results of Experiment 2 indicate that the orthographic N size has a facilitative effect on ISR when controlling for the frequency of the items of the list over that of neighbors. In addition, results of Experiment 3 show that ISR in controls is helped by the consistency between the orthographic and phonological features of items.

These results provide direct support for the contribution of orthographic coding in verbal STM. They also inform on the mechanisms that subtend the role of orthographic representations on ISR. Globally, I.R.'s results are coherent with a strong and consistent use of orthographic coding when recalling short series of visually presented words. The detrimental effect suggests the presence of a lexical inhibition effect due to the co-activation of competing items within the orthographic network. The detrimental effect of a large orthographic N size in her is in line with a recent view, suggesting that facilitating orthographic N size effects on language

processing only occur when orthographic neighbors are phonographic ones, yielding consistent orthographic and phonological activations (Ziegler et al., 2003; Grainger et al., 2005). The disruptive orthographic N effect might be observed in I.R. because she does not benefit from the phonological activation. The inhibitory effects observed in the patient also suggest that facilitative orthographic N effects in single word processing tasks should depend on both intact orthographic and phonological networks.

In controls, however, facilitating effects are observed due to cross-code consistency activation between phonological and orthographic sub-lexical representations. In Experiment 2, words with large orthographic N also had a large phonological N size. Chances are that most of the orthographic neighbors of the stimuli were also phonological ones. This is also supported by results observed in Experiment 3 where phonographic neighbors are better recalled than phonological ones. Such a phonographic or orthographic similarity effect could also be seen as mirroring phonological similarity effects. Indeed, rhyming words have been shown to yield better item recall than phonologically dissimilar items when recall for order is not considered (Gupta, Lipinski, & Aktunc, 2005; Fallon, Groves, & Tehan, 1999). The rhyme is viewed as a cuing effect, which enhances item recall. Thus, in this case, common orthographic features could also be used as cues to facilitate the recuperation of items.

One may argue that differences in the N size effects relate to whether the task used taps on input or output coding (e.g., Allen & Hulme, 2006). Because the magnitude of the phonological N size effect was found to correlate with output

language effects, it has been associated with speech output mechanisms in ISR tasks (Roodenrys et al., 2002; Allen & Hulme, 2006). However, orthographic N size has not been found to differ as a function of the input or output nature of the task (Andrews, 1989; 1992). Yet, if as suggested by some (Allen & Hulme, 2006), phonological effects on ISR occur at the output, this could also be true of its effect on orthographic neighbors. Additionally, the reverse effect found in I.R., who cannot rely on phonological activation, could reflect a greater reliance on the orthographic input coding

In conclusion, our results provide, for the first time, clear evidence for the use of orthographic coding in verbal STM. This finding concurs with other results indicating that non-phonological linguistic representations contribute to ISR and extend those to orthographic representations. Our findings show that orthographic representations contribute to recall when material is read and that the mechanism depends on whether participants can rely or not on phonological representations. This has important theoretical implications for psycholinguistic models of short-term retention. It supports models that envision short-term recall as reflecting the intricacy of multiple linguistic representations. It also stresses the fact that visual presentation of written material activates orthographic representations, which in turn contribute to recall. In fact, several connexionist models suggest that orthographic and phonological representations are linked and both contribute to the lexical processing of visually presented items (e.g. Plaut, McClelland, Seidenberg, & Patterson, 1996). The data thus suggest that similar representations and mechanisms also contribute to the short-term retention of visually presented verbal items.

Table 1

I.R.'s results on standardized tests of language

(adapted from Belleville, Caza, & Peretz, 2003).

Tasks	I.R.'s score	Maximum possible or (cut off score)
Auditory comprehension		
Word discrimination	5	5
Token test	56	62
Verbal command		
Complex sentences	24	26
Image naming		
Nouns, verbs	31	(30)
Animals	24	(15)
Repetition		
Words	28	(24)
Well-formed sentences	6	8
Anomalous sentences	2	8 <sup>a</sup>
Oral reading		
Words	29	30
Sentences	3	3
Written comprehension		
Word-image matching	5	5
Sentences, paragraphs	8	8
Writing		
Mechanic	3	3
Image written naming	9	12
Spelling	6	10
Sentence dictation	1	3 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Indicates that I.R. is impaired.

Table 2

I.R.'s results on additional language tasks.

(adapted from Belleville et al., 2003)

Tasks	I.R.'s score
Lexical processing	
Auditory lexical decision	77/80
Word to picture matching task	95/95
Word repetition	66/66
Word reading	63/66 (Controls 63-66)
Phonological processing	
Auditory word matching	36/36
Auditory non-sense syllable matching	38/40
Visual word rhyme judgment	23/24
Visual word homophony judgment	10/10
Oral-written non-word matching	30/30
Non-word repetition	24/30 <sup>a</sup> (Controls: 28-30)
Non-word reading	29/30 (Controls: 28-30)
Non-word rhyme judgment	24/32 <sup>a</sup> (Controls: 31-32)

<sup>a</sup> Indicates that I.R. is impaired.

Table 3

Percent serial recall as function of word set in Experiment 1 (Orthographic N size effect). The effect score represents the percentage of loss due to word set: an effect of zero means that there is no effect due to change of word set; a negative score indicates words with small orthographic N are better recalled than words with large orthographic N; a positive score indicates that words with large orthographic N are better recalled than those with small orthographic N. A z-score above 1.64 or below -1.64 indicates that I.R. differs reliably from healthy controls.

	Word Set		Effect Score (Large N-Small N/Large N)
	Large Orthographic N	Small Orthographic N	
Controls	58.20 (13.28)	53.60 (14.15)	5.64 (12.09)
I.R.	60	86.67	-44.44*
Z Score			4.13

\* Indicates that I.R.'s z-score is below -1.64 or above 1.64

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls



Table 4

Error patterns in serial recall for each word set in Experiment 1 (Orthographic N size effect).

Word Set		Errors							
		Order	Items						
			Total	Omissions	ISI	ESI	PA	OA	PGA
Controls	Large								
	Orthographic	10.40	31.40	20.00	3.40	0.60	4.20	0.80	2.40 <sup>a</sup>
	N	(8.68)	(11.35)	(9.71)	(2.84)	(1.90)	(4.26)	(1.69)	(2.07)
	Small								
	Orthographic	11.60	33.60	25.20 <sup>a</sup>	4.60	1.00	2.40	0.20	0.20
	N	(7.88)	(12.21)	(8.39)	(1.75)	(1.70)	(3.75)	(0.63)	(0.63)
I.R.	Large								
	Orthographic	3.33	36.66	13.33	16.7	0	3.33	0	3.33
	N								
	Small								
	Orthographic	0	13.33	0	0	10	0	0	3.33
	N								

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls

ISI=intra-set intrusion; ESI=extra-set intrusion; PA= phonological approximation;

OA=orthographic approximation; PGA=phonographic approximation.

Table 5

Percent serial recall as function of word set in Experiment 1 (Phonological N size effect). The effect score represents the percentage of loss due to word set: an effect of zero means that there is no effect due to change of word set; a negative score indicates words with small phonological N are better recalled than words with large phonological N; a positive score indicates that words with large phonological N are better recalled than words with small phonological N. A z-score below -1.64 or above 1.64 indicates that I.R. differs reliably from healthy controls.

	Word Set		Effect score (Large N-Small N/Large N)
	Large Phonological N	Small Phonological N	
Controls	60.95 (18.66)	62.05 (12.43)	-2.43 (27.01)
I.R.	50	46.67	6.67
Z-scores			-0.34

\* Indicates that I.R.'s z-score is below -1.64 or above 1.64

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls

Table 6

Error patterns in serial recall for each word set in Experiment 1 (Phonological N size effect).

Word Set		Errors					
		Order	Total	Omissions	ISI	ESI	PA
Controls	Large Phonological N	17.27 (13.11)	21.78 (9.23)	13.71 (7.74)	2.98 (3.17)	2.36 (2.17)	2.53 <sup>a</sup> (1.80)
	Small Phonological N	17.95 (9.37)	20 (7.76)	13.06 (7.45)	3.76 (2.63)	2.38 (2.64)	0.80 (1.40)
I.R.	Large Phonological N	10	40	23.33	3.33	3.33	10
	Small Phonological N	13.33	36.67	20	6.67	6.66	6.66

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls.

ISI=intra-set intrusion; ESI=extra-set intrusion; PA= phonological approximation;

OA=orthographic approximation; PGA=phonographic approximation.

Table 7

Percent serial recall as function of word set in Experiment 2 (Orthographic N size effect). The effect score represents the percentage of loss due to word set: an effect of zero means that there is no effect due to change of word set; a negative score indicates words with small orthographic N are better recalled than words with large orthographic N; a positive score indicates that words with large orthographic N are better recalled than words with small orthographic N. A z-score below -1.64 or above 1.64 indicates that I.R. differs reliably from healthy controls.

	Material		Effect score (Large N-Small N/Large N)
	Large Orthographic N	Small Orthographic N	
Controls	69.80 (16.61)	65.40 (18.69)	7.31 <sup>a</sup> (6.47)
I.R.	60.00	73.33	-22.22 <sup>*</sup>
Z-scores			-4.63

\* Indicates that I.R.'s z-score is below -1.64 or above 1.64

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls

Table 8

Error patterns in serial recall for each word set in Experiment 2

Word Set		Errors							
		Order		Items					
		Total	Omissions	ISI	ESI	PA	OA	PGA	
Controls	Large								
	Orthographic	8.80	21.40	13.60	3.60	1.60	0.60	0	2
	N	(6.94)	(15.47)	(11.06)	(3.67)	(1.83)	(3.13)	(0.00)	(2.98)
	Small								
I.R.	Orthographic	9.20	25.40	17.80	5	1.20	0.40	0.80	0.20
	N	(7.87)	(11.78)	(13.57)	(4.42)	(1.40)	(0.96)	(1.40)	(0.63)
	Large								
	Orthographic	10	30	6.67	16.67	3.33	0	0	3.33
	N								
	Small								
	Orthographic	0	26.66	0	23.33	3.33	0	0	0
	N								

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls

ISI=intra-set intrusion; ESI=extra-set intrusion; PA= phonological approximation;

OA=orthographic approximation; PGA=phonographic approximation.

Table 9

Percent serial recall as function of word set in Experiment 3 (Phonographic effect). The effect score represents the percentage of loss due to word set: an effect of zero means that there is no effect due to change of word set; a negative score indicates that lists of phonological neighbors are better recalled than lists of phonographic neighbors; a positive score indicates that lists of phonographic neighbors are better recalled than lists of phonological neighbors. A z-score below -1.64 or above 1.64 indicates that I.R. differs reliably from healthy controls.

	Material		
	Phonographic Neighbors	Phonological Neighbors	Effect score (Phonographic- Phonological/Phonographic)
Controls	59.60 (17.53)	47.40 (13.63)	15.31 <sup>a</sup> (29.49)
I.R.	43.33	70	-61.53 <sup>*</sup>
Z-scores			2.61

<sup>\*</sup> Indicates that I.R.'s z-score is below -1.64 or above 1.64

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls

Table 10

Error patterns in serial recall for each word set in Experiment 3

Material		Errors							
		Order							
		Total	Omissions	ISI	ESI	PA	OA	PGA	
Controls	Phonographic neighbors	16.80 (11.28)	23.60 (9.13)	20.60 (8.17)	0	0	0.60 (1.35)	0.20 (0.63)	2.20 (2.57)
	Phonological Neighbors	13.80 (6.80)	38.8 <sup>a</sup> (12.55)	27.40 (9.14)	0.2 (0.63)	0.2 (0.63)	7.40 <sup>a</sup> (5.08)	2.80 (5.27)	0.80 (1.03)
I.R.	Phonographic neighbors	3.33	53.33	26.67	0	0	3.33	0	23.33
	Phonological neighbors	3.33	26.66	16.67	0	0	3.33	3.33	3.33

<sup>a</sup> Indicates a significant effect of word set in controls

ISI=intra-set intrusion; ESI=extra-set intrusion; PA= phonological approximation;

OA=orthographic approximation; PGA=phonographic approximation.

## Appendix A. Words used in Experiment 1

Table A1. Words used to assess the Orthographic N size effect

	Frequency	Structure	Orthographic N Size	Phonological N size
Large Orthographic N				
Bille	6.61	CVC	15	26
Soute	0.77	CVC	12	24
Marre	14.97	CVC	15	5
Case	7.52	CVC	17	28
Botte	5.55	CVC	14	5
Col	29.87	CVC	16	38
Vis	95.48	CVC	22	3
Bal	12.55	CVC	16	32
Rive	23.51	CVC	16	15
Mean	21.88		15.89	19.59
Small Orthographic N				
Chêne	4.58	CVC	1	25
Beigne	0.87	CVC	4	21
Bombe	15.32	CVC	4	5
Cerf	13.13	CVC	2	35
Feuille	35.23	CVC	4	7
Phare	36	CVC	2	36
Cuire	43.1	CVC	3	4
Rhum	6.97	CVC	0	25
Châle	16.9	CVC	1	15
	19.12		2.33	19.22



Table A2. Words used to assess phonological neighborhood size effect

	Frequency	Structure	Phonological N Size	Orthographic N size
Large Phonological N				
Casseau	0.03	CVCV	22	0
Rallye	0.61	CVCV	21	1
Carat	0.87	CVCV	34	1
Patin	1.35	CVCV	20	7
Galet	1.87	CVCV	30	4
Baron	13.13	CVCV	21	3
Vallée	25.81	CVCV	21	1
Sel	29.1	CVC	28	8
Goutte	21.77	CVC	19	0
Mean	10.50		24	2.78
Small Phonological N				
Zombie	0.26	CVCV	1	1
Sangsue	0.45	CVCV	3	0
Cumin	0.45	CVCV	1	0
Bambou	2.55	CVCV	3	0
Morue	3.84	CVCV	4	7
Ruban	11.71	CVCV	2	0
Schéma	16.97	CVCV	1	0
Linge	26.87	CVC	9	5
Dinde	1.13	CVC	3	1
Mean	7.14		3	1.56

## Appendix B. Words used in Experiment 2

Table B1. Words used to assess the orthographic N size and neighborhood frequency effect

	Frequency	Structure	Orthographic N Size	Phonological N Size	Mean orthographic N Frequency
Large Orthographic N					
Baie	10.03	CV	14	25	7.05
Page	50.9	CVC	14	19	6.80
Tante	55.39	CVC	11	24	1.66
Taille	62.58	CVC	14	26	2.19
Foule	66.94	CVC	15	19	6.27
Base	93.9	CVC	12	27	2.09
Rire	139.29	CVC	20	23	46.44
Fille	244.19	CVC	13	17	24.64
Doute	297.29	CVC	14	23	42.44
Mean	113.39		14.11	22.56	14.98
	Frequency	Structure	Orthographic N Size	Phonological N Size	Mean orthographic N Frequency
Small Orthographic N					
Queue	31.81	CV	1	24	0.01
Menthe	5.32	CVC	0	26	0.00
Chatte	14.74	CVC	3	25	1.11
Goutte	21.77	CVC	0	22	0.00
Chaise	48.45	CVC	2	16	3.29
Scène	89.58	CVC	0	30	0.00
Type	169.39	CVC	4	21	0.52
Guerre	320.87	CVC	0	22	0.00
Femme	400.52	CVC	3	23	3.42
Mean	122.49		1.25	23.22	0.94

## Appendix C. Words used in Experiment 3

Table C1. Words used to assess the phonographic effect

Phonographic Neighbors Lists								
	Frequency	Structure		Frequency	Structure		Frequency	Structure
List 1			List 2			List 3		
Pou	1.57	CV	Gain	2.05	CV	Toue	0.12	CV
Mou	5.78	CV	Nain	8.61	CV	Soue	0.18	CV
Sou	12.95	CV	Sain	12.89	CV	Moue	0.78	CV
Chou	42.29	CV	Pain	40.06	CV	Roue	12.29	CV
Cou	44.16	CV	Bain	55.30	CV	Boue	15.12	CV
Fou	44.58	CV	Main	265.90	CV	Joue	22.23	CV
Mean	25.22		Mean	64.13		Mean	8.45	
List 4			List 5			List 6		
Quiche	0.48	CV	Galle	0	CVC	Louche	1.93	CVC
Niche	2.89	CV	Calle	0.66	CVC	Couche	10.12	CVC
Biche	3.25	CV	Malle	4.4	CVC	Touche	13.37	CVC
Miche	4.59	CV	Dalle	16.51	CVC	Mouche	14.94	CVC
Fiche	6.63	CV	Balle	87.17	CVC	Douche	37.71	CVC
Riche	56.2	CV	Salle	116.14	CVC	Bouche	76.45	CVC
Mean	12.34		Mean	37.48		Mean	24.92	
List 7			List 8			List 9		
Mage	0.78	CVC	Rente	1.57	CVC	Taie	0.54	CV
Gage	6.87	CVC	Fente	2.65	CVC	Haie	1.69	CV
Rage	14.64	CVC	Pente	4.40	CVC	Raie	2.23	CV
Cage	21.69	CVC	Lente	4.40	CVC	Gaie	2.65	CV
Page	23.73	CVC	Tente	10.78	CVC	Baie	8.31	CV
Sage	28.61	CVC	Vente	20.72	CVC	Paie	8.92	CV
Mean	16.05			7.42			4.06	
List 10								
Joule	-	CVC						
Houle	0.36	CVC						
Moule	4.04	CVC						
Boule	20.72	CVC						
Foule	26.33	CVC						
Poule	26.63	CVC						
Mean	13.01							

  

Phonological Neighbors Lists								
	Frequency	Structure		Frequency	Structure		Frequency	Structure
List 1			List 2			List 3		
Toux	2.47	CV	Soie	10.12	CV	Taon	0.06	CV
Loup	17.59	CV	Noix	16.08	CV	Jonc	0.18	CV
Zoo	17.55	CV	Foi	39.38	CV	Gond	0.18	CV
Joue	22.23	CV	Toit	46.51	CV	Thon	6.02	CV
Goût	49.88	CV	Doigt	84.28	CV	Don	30.42	CV
Bout	117.53	CV	Bois	98.49	CV	Pont	57.71	CV
Mean	37.89		Mean	49.14		Mean	15.76	
List 4			List 5			List 6		
Guï	0.84	CV	Cor	2.41	CVC	Hère	0.12	VC
Pie	1.2	CV	Fort	15	CVC	Serre	2.35	CVC
Scie	2.89	CV	Porc	33.37	CVC	Nerf	6.93	CVC
Nid	13.73	CV	Bord	89.88	CVC	Vers	23.73	CVC
Riz	24.41	CV	Or	101.63	VC	Maire	29.64	CVC
Lit	145.72	CV	Corps	252.05	CVC	Fer	106.55	CVC
Mean	31.47		Mean	82.39		Mean	28.22	
List 7			List 8			List 9		
Renne	0.84	CVC	Thym	0.3	CV	Paon	0.66	CV
Gêne	2.41	CVC	Lin	1.63	CV	Banc	7.71	CV
Chêne	2.89	CVC	Daim	1.93	CV	Gant	12.11	CV
Haine	28.43	CVC	Teint	4.16	CV	Dent	14.1	CV
Reïne	43.31	CVC	Vain	10.48	CV	Rang	16.51	CV
Scène	132.47	CVC	Sein	15	CV	Champ	43.19	CV
Mean	35.05		Mean			Mean		
List 10								
Fard	0.9	CVC						
Marre	4.1	CVC						
Char	7.63	CVC						
Gare	27.59	CVC						
Bar	62.95	CVC						
Art	66.99	VC						
Mean	28.36							

### References

- Allen, R., & Hulme, C. (2006). Speech and language processing mechanisms in verbal serial recall. *Journal of Memory and Language*, 55, 64-88.
- Belleville, S., Peretz, I., & Arguin, M. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory: evidence from a case of selective disruption. *Brain and Language*, 43, 713-746.
- Allport, D. A. (1983). *Auditory-verbal short-term memory and conduction aphasia*. In H. Bouma & D.G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X : Control of language processes* (pp. 313-325). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Allport, D. A., Distributed memory, modular subsystems, and dysphasia. (1985). In S. K. Newman and R. Epstein (Eds), *Current perspectives in dysphasia*, (pp. 32-60). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Andrews, S. (1989). Frequency and neighborhood effects on lexical access: Activation or search? *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory & Cognition*, 15, 802-814.
- Andrews, S. (1992). Frequency and neighborhood effect on lexical access: Lexical similarity or orthographic redundancy? *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory and Cognition*, 18, 234-254.
- Béland, R., Bois, M., Seron, X., & Damien, B. (1999). Phonological spelling in a DAT patient: The role of the segmentation subsystem in the phoneme-to-grapheme conversion. *Cognitive neuropsychology*, 16, 115-155.

- Belleville, S., Peretz, I. & Arguin, M. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory: Evidence from a case selective disruption *Brain & Language*, 43, 713-746.
- Belleville S., Caza, N. & Peretz, I. (2003). A neuropsychological argument for a proceduralist view of memory. *Journal of Memory and Language*, 48, 686-703.
- Best, W., & Howard, D. (2005). "The W and the M are mixing me up": Use of a visual code in verbal short-term memory tasks. *Brain and Cognition*, 58, 274-285.
- Caza, N. & Belleville, S. (1999). Semantic contribution to immediate serial recall using an unlimited set of items: Evidence for a multi-level capacity view of short-term memory. *International Journal of Psychology*, 34, 334-338.
- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J.T., & Bessner, D. (1977) Access to the internal lexicon. In S. Dornic (Ed.), *Attention and Performance* (Vol.6, pp.535-555). Hillsdale, NJ: Erlaum.
- Coltheart, V., Mondy, S., Dux, P.E., & Stephenson, L. (2004). Effects of orthographic and phonological word length on memory for lists shown at RSVP and STM rates. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 4, 815-826.
- Crowder, R.G. (1982). The demise of short-term memory. *Acta Psychologica*, 50, 291-323.
- Crowder, R.G. (1993). Short-term memory: Where do we stand? *Memory & Cognition*, 21 (2), 142-145.

- Fallon, A.B., Groves, K. & Tehan, G. (1999). Phonological similarity and trace degradation in the serial recall task: when CAT helps RAT, but not MAN. *International Journal of Psychology*, 34, 301-307.
- Goh, W. D., & Pisoni, D.B. (2003). Effects of lexical competition on immediate memory span for spoken words. *The Quarterly Journal of experimental psychology*, 56A (6), 929-954.
- Grainger, J. (1990). Word frequency and neighborhood frequency effects in lexical decision and naming. *Journal of Memory and Language*, 29, 228-244.
- Grainger, J., & Jacobs, A.M. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: A multiple read-out model. *Psychological Review*, 103, 518-565.
- Grainger, J. Muneaux, M., Farioli, F., & Ziegler, J.C. (2005). Effects of phonological and orthographic density interact in visual word recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 6, 981-998.
- Griffith, T., Rees, A., Witton, C., Cross, P., Shakir, R., & Green, G. (1997). Spatial and temporal auditory processing deficits following right hemisphere infarction: A psychophysical study. *Brain*, 120, 785-794.
- Gupta, P., Lipinski, J., & Aktunc, E. (2005). Reexamining the phonological similarity effect in immediate serial recall: The roles of type of similarity, category cuing, and item recall. *Memory & Cognition*, 33, 1001-1015.
- Gupta, P. & MacWhinney, B. (1997). Vocabulary acquisition and verbal short-term memory: Computational and neural bases. *Brain and Language*, 59, 267-333.

- Hulme, C., Mauhgan, S. & Brown, G.D. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words : Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30, 685-701.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Brown, G., & Mercer, R. (1995). The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86, 527-536.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Schweickert, R., Brown, G.D.A., Martin, S., & Stuart, G. (1997). Word-frequency effects on short-term memory tasks: Evidence for a redintegration process in immediate serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1217-1232.
- Logie, R.H., Della Sala, Wynn, V., & Baddeley, A.D. (2000). Visual similarity effects in immediate verbal serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53A, 626-646.
- Luce, P.A., & Pisoni, D.B. (1998). Recognizing spoken words: The neighborhood activation model. *Ear and Hearing*, 19, 1-36.
- Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: the importance of distinguishing item and order information. In A. Thorn & M. Page (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain*. London, UK: Psychology Press.
- Mathey, S. (2001). L'influence du voisinage orthographique lors de la reconnaissance des mots écrits. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55, 1, 1-23.

- Martin N. & Saffran, E.M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, 70, 437-482.
- Martin, R., Lesch, M. & Bartha, M. (1999). Independence of input and output phonology in word processing and short-term memory. *Journal of Memory and Language*, 41, 3-29.
- Monsell, S. (1987). Lexical input and output pathways. In A. Allport, D. Mackay, W. Prinz, & E. Scheerer (Eds). *Language Perception and Production*, London, UK: Academic Press inc.
- Murdock, B. B. Jr, (1976). Item and order information in short-term serial memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 105, 191-216.
- New, B., Pallier C., Brysbaert, M. & Ferrand L. (2004). Lexique 2: A new French lexical database. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 36, 3, 516-524.
- Patel, A.D., Peretz, I., Tramo, M., & Labrecque, R. (1998). Processing prosodic and musical patterns: A neuropsychological investigation. *Brain and Language*, 30, 331-347.
- Peereman, R., & Content, A. (1997). Orthographic and Phonological Neighborhoods in naming: not all neighbors are equally influential in orthographic space. *Journal of Memory and Language*, 37, 382-410.
- Peretz, I., Belleville, S. & Fontaine, S. (1997). Dissociations between music and language after cerebral damage: A new case of music deficits without aphasia. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51, 354-367.



- Peretz, I. & Gagnon, L. (1999). Dissociation between recognition and emotional judgment for melodies. *Neurocase*, 5, 21-30.
- Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy and isolation after brain damage. *Cognition*, 68, 111-141.
- Plaut, D.C., McClelland, J. L., Seidenberg, M.S., & Patterson, K. (1996). Understanding Normal and impaired word reading: computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 1, 56-115.
- Poirier, M. & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: further evidence on the influence of semantic factors in immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48, 384-404.
- Roodenrys, S., Hulme, C., Lethbridge, A., Hinton, M., & Nimmo, M. (2002). Word-frequency and phonological-neighborhood effects on verbal short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 6, 1019-1034.
- Saint-Aubin, J. & Poirier, M. (1999a). The influence of long-term memory factors on immediate serial recall: An item and order analysis. *International Journal of Psychology*, 34, 347-352.
- Saint-Aubin, J. & Poirier, M. (1999b). Semantic similarity and immediate serial recall: is there a detrimental effect on order Information ? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 367-374.

- Vitevich, M.S. (2002). Influence of onset density on spoken word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 270-279.
- Warrington, E.K., & Shallice, T. (1972). Neuropsychological evidence of visual storage in short-term memory tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 30-40.
- Warrington, E.K., & Shallice, T. (1969). The selective impairment of auditory short-term memory. *Brain*, 92, 885-896.
- Wolford, G., & Hollingsworth, S. (1974). Evidence that short-term memory is not the limiting factor in the tachistoscopic full-report procedure. *Memory & Cognition*, 2, 796-800.
- Yik, W.F. (1979). The effect of visual and acoustic similarity on short-term memory for Chinese words, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 30, 487-494.
- Zagar, D., & Mathey, S. (2000). When words with higher frequency neighbours become words with no higher frequency neighbours (or how to undo the neighbourhood frequency effect). In A. Kennedy, R. Radach, D. Heller & J. Pynte (Eds.), *Reading as perceptual process* (pp. 23-46). Oxford, England: Elsevier.
- Ziegler, J.C., Muneaux, M., & Grainger, J. (2003). Neighborhood effects in auditory word recognition: Phonological competition and orthographic competition. *Journal of Memory and Language*, 48, 779-79

## **CHAPITRE 4**

### **Discussion**

L'objectif de cette thèse était d'évaluer certaines des prédictions de l'approche psycholinguistique de la MCT verbale. L'approche psycholinguistique suggère que la mémorisation à court terme de matériel verbal repose sur les mécanismes qui régissent le traitement du langage. Elle prédit que les caractéristiques linguistiques des stimuli verbaux (ex. phonologiques, lexicales, sémantiques) influencent la probabilité de leur rappel immédiat (1). La démonstration de ces effets linguistiques témoigne de la contribution de représentations linguistiques variées en MCT verbale. L'approche psycholinguistique prédit également que la contribution relative des niveaux de représentations linguistiques devrait varier selon le contexte de rappel, certaines conditions expérimentales (ex. format des stimuli) favorisant l'utilisation de codes spécifiques (2).

Afin d'évaluer ces prédictions, la contribution de différents codes linguistiques (phonologique, sémantique et orthographique) a été testée chez I.R., une patiente cérébrolésée qui présente une atteinte du traitement phonologique, ainsi que chez des participantes qui n'ont pas d'atteinte neurologique. Étant donné la nature du déficit présent chez I.R. et, compte tenu du rôle déterminant du code phonologique en MCT, des effets linguistiques distincts étaient attendus chez elle (qui utilise peu les représentations phonologiques lors de tâches de rappel immédiat) et les contrôles (qui utilisent principalement les représentations phonologiques lors de tâches de rappel immédiat). De manière générale, et selon le contexte de rappel, des effets sémantiques (Article 1) et orthographiques (Article 2) plus importants étaient prédits chez I.R., tandis que des effets phonologiques plus marqués étaient prédits chez les participants sans atteinte neurologique.

Dans les lignes qui suivent, les principaux résultats des articles qui composent cette thèse sont résumés. Cette présentation est suivie de courtes discussions portant d'abord sur les implications théoriques spécifiques des données obtenues, puis sur les limites méthodologiques des études rapportées. Par la suite, les implications cliniques générales de la présente thèse sont abordées. Enfin, une ouverture sur les perspectives actuelles de la littérature portant sur l'approche psycholinguistique de la MCT verbale est effectuée.

#### **4.1. Article 1 : Impact des Modes de Présentation et de Rappel sur les Effets**

##### **Phonologiques et Sémantiques**

Dans cet article, deux expériences évaluent l'effet des conditions expérimentales sur la contribution des représentations phonologiques et sémantiques des items verbaux en MCT verbale. Dans une première expérience (Expérience 1), les effets de similarité phonologique et de catégorie sémantique sur le RSI sont testés en variant le format de présentation des stimuli (Images, Mots) et le mode de rappel (Oral, Pointage d'images, Pointage d'images parmi des distracteurs). Dans une seconde expérience (Expérience 2), les effets de similarité phonologique et de catégorie sémantique sont testés de nouveau en manipulant le mode de rappel, cette fois-ci en comparant les conditions classiques de RSI et de reconstruction.

Dans l'Expérience 1, la présentation d'images atténue l'impact des représentations linguistiques sur le RSI, en l'absence d'effet de similarité phonologique et d'effet sémantique significatif, tant chez les contrôles que chez la patiente. Contrairement aux prédictions émises, la présentation d'images ne rehausse pas le rôle joué par les représentations sémantiques dans la rétention à court terme des stimuli

présentés. Une possibilité est que d'autres représentations (e.g. visuelles) interviennent dans la rétention à court terme de ce type de matériel.

En comparaison, la présentation auditive du matériel conduit à l'émergence d'effets linguistiques, et ce, tant chez les contrôles que chez I.R. Chez les contrôles, un profil de performance relativement stable caractérisé par la présence d'un effet de similarité phonologique dans les trois conditions de rappel est observé. Leur rappel ne semble pas influencé par la similarité sémantique des items présentés. Chez I.R., le profil de performance obtenu diffère en fonction des modes de rappel. Lorsque la réponse est produite oralement, I.R. présente un effet de similarité phonologique inversé (meilleur rappel des mots qui riment que des mots phonologiquement dissimilaires) et un fort effet sémantique (meilleur rappel des mots qui appartiennent à la même catégorie sémantique que des mots qui appartiennent à des catégories différentes). Or, ce patron d'effets n'est pas observé quand les conditions de rappel contraignent davantage la récupération de l'ordre des items (reconstruction par pointage d'images avec ou sans distracteurs). Dans ce contexte, I.R. offre un profil de performance comparable à celui des contrôles et montre un effet de similarité classique mais pas d'effet sémantique. Ceci suggère que les tâches reposant principalement sur la mémoire de l'ordre apparaissent contraindre le recours au code phonologique.

L'Expérience 2 teste cette hypothèse de façon plus extensive, et compare l'impact des propriétés phonologiques et sémantiques des mots en utilisant des conditions classiques de RSI et de reconstruction. Puisque le paradigme de reconstruction contraint la récupération de l'ordre des items présentés, celui-ci devait favoriser l'utilisation du code phonologique au détriment du code sémantique. Chez les

contrôles, les modes de rappel n'ont pas modulé le profil de performance, corroborant les données obtenues lors de l'Expérience 1. Encore une fois, les participants contrôles montrent un effet de similarité phonologique classique et ne présentent pas d'effet sémantique. En revanche, chez I.R., la nature des effets varie en fonction des conditions de rappel. En condition de RSI, elle présente un effet de similarité phonologique significativement moins important que celui des contrôles et un effet de similarité sémantique significativement plus important. Or, en condition de reconstruction, son profil ne se distingue plus de celui des contrôles, puisqu'elle présente un effet de similarité phonologique classique, en l'absence d'effet sémantique.

En somme, les résultats indiquent que le format de présentation des stimuli influence de façon similaire les effets linguistiques chez I.R. et les contrôles. Par contre, le mode de rappel module uniquement les effets observés chez la patiente, et ce, lorsque celui-ci fait appel à la mémoire de l'ordre.

#### **4.1.1. Implications Théoriques**

La consistance de l'effet de similarité phonologique observé chez les contrôles appuie la robustesse de cet effet, ainsi que le rôle crucial des représentations phonologiques en MCT verbale (e.g. Baddeley, 1986). En comparaison, aucune de nos expériences n'a mis en évidence une contribution des représentations sémantiques, et ce malgré que nous ayons manipulé le mode de présentation ou de rappel. Il faut souligner toutefois que les effets sémantiques ne sont pas systématiquement rapportés dans la littérature. Ainsi, l'effet de catégorie sémantique agit sur la mémoire de l'item et survient lorsque les conditions expérimentales la favorisent (e.g Poirier & Saint-Aubin, 1995 ; Saint-Aubin & Poirier, 1999). Le

modèle d'activation interactive de Martin & Saffran (1997) rend compte de l'impact prédominant des représentations phonologiques sur la rétention à court terme verbale chez le participant sain. Selon ce modèle, le rappel immédiat dépend de l'activation interactive entre différents niveaux de représentations linguistiques (phonologiques, lexicales et sémantiques). Chaque niveau de représentation sollicité entraîne rétroactivement l'activation du niveau précédent (Martin & Saffran, 1997). Les premiers niveaux activés reçoivent globalement plus d'activation et ont un impact plus important sur le rappel (Martin & Saffran 1997). Puisque les représentations phonologiques sont sollicitées en premier lors de la présentation auditive d'un mot, - et bien que leur activation décline tandis que l'activation se propage au niveau lexico-sémantique -, elles demeurent les plus influentes parce qu'elles sont activées rétroactivement de façon continue jusqu'au moment de la récupération (Martin & Saffran, 1997).

De même, l'absence d'effet phonologique chez I.R et la présence d'un effet sémantique chez elle dans certaines conditions de rappel sont cohérents avec la littérature actuelle et avec le modèle d'activation interactive. D'une part, un nombre croissant d'études montrent que les patients cérébrolésés présentant une atteinte du traitement phonologique de l'information verbale utilisent davantage les propriétés sémantiques des items verbaux que les participants sans atteinte neurologique pour réaliser des tâches destinées à évaluer la MCT verbale (ex. : Martin & Saffran, 1997). D'autre part, ce patron est expliqué par le modèle d'activation interactive (Martin & Saffran, 1997), qui suggère qu'un faible niveau d'activation des représentations



phonologiques entraîne une augmentation relative de la contribution du réseau sémantique.

Un des résultats originaux de ce premier article est que I.R. montre un effet de similarité phonologique classique lorsque les conditions expérimentales favorisent la mémoire de l'ordre (reconstruction). Ceci corrobore des études récentes qui indiquent que les conditions expérimentales qui contraignent plus ou moins la mémoire de l'ordre modulent l'impact des représentations phonologiques sur le rappel. À l'inverse, les conditions qui ciblent davantage la mémoire de l'item apparaissent réduire l'impact des représentations phonologiques sur le rappel. Fallon et al (1999) montrent ainsi que l'utilisation d'un ensemble de stimuli ouvert, où les items ne sont pas répétés d'un essai à l'autre, réduit le nombre d'erreurs d'items commises (vs l'utilisation d'un ensemble fermé de stimuli où ceux-ci sont répétés d'un essai à l'autre). Gupta et al. (2005) observent, quant à eux, un effet de similarité phonologique inversé chez des participants qui ne présentent pas d'atteinte neurologique en ayant recours à des conditions expérimentales similaires. Bien que l'architecture du modèle d'activation interactive (Martin & Saffran, 1997) ne comprenne pas de mécanismes qui rendent compte de la mémorisation de l'information sérielle, certains modèles psycholinguistiques qui s'inscrivent dans sa mouvance autorisent la formulation de prédictions quant au rappel de l'ordre (e.g. pour une brève revue de la littérature, voir Majerus, 2009). Le modèle d'acquisition du vocabulaire et de MCT verbale de Gupta & MacWhinney (1997), par exemple, comprend, au niveau conceptuel, des composantes de traitement lexical et sous-lexical, auxquelles s'ajoute un stock dédié à la mémoire de l'information sérielle. Ce

modèle propose qu'il existe une connexion entre la mémoire séquentielle sérielle et le niveau des représentations lexicales. La dernière formulation du modèle introduit une modification à la structure initiale et suggère également une connexion entre la mémoire séquentielle et les représentations phonologiques de sortie. Cette connexion entre la mémoire de l'ordre et celle des représentations phonologiques rend compte des effets phonologiques observés chez I.R. dans les conditions de rappel qui reposent principalement sur la récupération de l'ordre en mémoire (e.g. reconstruction). De la même manière, le modèle de Steve Majerus (2009) partage l'architecture du modèle de Martin & Saffran (1997). Il postule, en effet, l'existence trois niveaux de traitements (phonologique, lexical et sémantique), auxquels s'ajoute cependant un mécanisme responsable de l'encodage, du maintien et de l'autorépétition de l'information sérielle. Il comprend aussi un modulateur attentionnel, chargé d'alimenter de manière sélective ou globale les différents systèmes en fonction des paramètres de la tâche. Ce modèle ne semble toutefois pas privilégier de relation particulière entre la mémoire de l'ordre et les représentations phonologiques.

En somme, les données de cette première étude appuient l'approche psycholinguistique de la rétention à court terme verbale. Elles suggèrent que le type de code linguistique utilisé est fonction du contexte de rappel. Elles indiquent finalement que les modèles explicatifs de la rétention à court terme verbale devraient prévoir des mécanismes pour rendre compte de la mémoire de l'ordre, la rétention de l'information sérielle étant une propriété intrinsèque des fonctions dans lesquelles la MCT verbale est impliquée.

### 4.1.2 Limites

Certaines critiques sont formulées de façon classique à l'égard des études de cas unique (pour une revue, voir Eustache, Lechevalier, Viader, 2001). On pourrait, par exemple, argumenter que les résultats spécifiques obtenus chez I.R. ne permettent pas la généralisation de principes s'appliquant à une population de référence parce qu'il est impossible de répliquer les résultats obtenus chez elle<sup>7</sup>. Or, à notre avis, la cohérence des données observées chez d'autres patients autorise la validation des modèles théoriques testés. La question de la « pureté » des cas étudiés est également souvent soulevée, des déficits concomitants étant susceptibles de contaminer les résultats observés. Ceux-ci apparaissent néanmoins minimes chez I.R., tel que démontré par les résultats obtenus à l'examen neuropsychologique. On pourrait toutefois objecter que les difficultés articulatoires de la patiente jouent un rôle dans le patron d'effets observés chez elle. À notre avis, ceci demeure cependant peu plausible. Des données empiriques indiquent que des effets de similarité phonologique typiques sont observés chez des patients ayant des problèmes articulatoires de nature périphérique (Baddeley & Wilson, 1985; Vallar & Cappa, 1987). Ainsi le patient G.B. est dysarthrique à la suite de lésions cérébrales, mais présente un empan normal (empan de chiffres=7) et des effets classiques de similarité phonologique et de longueur de mots (Baddeley & Wilson, 1985). De même, certains auteurs suggèrent que la composante articulatoire de l'empan dépend de la planification phono-articulatoire et non de l'articulation manifeste (Caplan, Rochon, & Waters, 1992). Puisque les

---

<sup>7</sup> Cette limite s'applique également à la deuxième étude.

difficultés de I.R. persistent dans les tâches de RSI ne requérant pas de planification articulatoire (ex : rappel par pointage d'images), on peut penser que ce n'est pas cette composante qui entre en jeu chez elle.

Au plan méthodologique, certaines faiblesses forcent à nuancer la portée des résultats obtenus. En ce qui a trait au matériel, notons que l'appariement des stimuli selon différents critères ne constitue qu'un compromis optimal entre les différentes variables considérées. Les stimuli utilisés dans l'Expérience 1 ont été sélectionnés à partir d'une banque limitée d'images, ce qui réduit d'autant plus la marge de manoeuvre en ce qui a trait à l'appariement mot-image. La fréquence des stimuli utilisés dans l'Expérience 1 et celle de ceux utilisés dans l'Expérience 2 ont été contrôlées à l'aide de bases de données qui diffèrent, ce qui soulève la question de l'équivalence du matériel utilisé dans les deux études. Pour ce qui est de la procédure, l'empan des participants a été évalué selon deux modalités de présentation (Mot, Images), mais selon un mode de réponse unique (Oral). La longueur des séquences présentées n'a donc pas été déterminée en fonction des différents modes de réponses, ce qui a pu dissoudre, jusqu'à un certain point, les effets observés. De plus, un plus grand nombre d'essais par liste auraient pu être présentés. À noter cependant que les séances étaient longues et exigeantes pour les participants, et que nous avons tenté d'éviter autant que possible les effets de pratique, de la fatigue et de l'interférence. Enfin, de manière plus générale, mentionnons que le nombre restreint de participants contrôles a conduit à un important degré de variabilité inter-sujets et a réduit la puissance de nos analyses statistiques.

#### **4.2. Article 2 : Contribution du Code Orthographique en Mémoire à Court Terme Verbale**

Dans le deuxième article de cette thèse, trois expériences testent l'impact des caractéristiques orthographiques des items verbaux sur le RSI en manipulant le nombre de voisins orthographiques (N) des stimuli. Un des facteurs qui nous a motivée à sélectionner cette variable était que son impact sur le rappel ne pouvait être interprété comme un effet visuel. Puisque des effets de densité du voisinage orthographique (N) sont observés dans des tâches de langage (ex. : décision lexicale), des effets de N sur le RSI étaient attendus, en particulier chez I.R. En effet, comme la patiente n'a pas recours au code phonologique à moins d'y être « contrainte » par les conditions expérimentales, il était prédit qu'elle utiliserait le code orthographique dans une plus grande mesure.

Dans un premier temps (Expérience 1), le RSI de mots présentés visuellement ayant plusieurs voisins orthographiques a été comparé à celui de mots ayant peu de voisins orthographiques. Pour fin de comparaison, le RSI de mots présentés auditivement ayant plusieurs voisins phonologiques a également été comparé à celui de mots ayant peu de voisins phonologiques. Chez les contrôles, la manipulation du N (orthographique ou phonologique) n'a eu aucun effet sur le pourcentage d'items rappelés. Par ailleurs, l'analyse du type d'erreurs commises révèle la production d'un plus grand nombre de confusions phonographiques pour les items ayant un N orthographique élevé, signalant un impact de la densité du voisinage sur le RSI. Chez la patiente, en revanche, un effet de N a été observé sur le pourcentage d'items

rappelés, I.R. présentant un moins bon rappel des mots ayant plusieurs voisins orthographiques que des mots ayant peu de voisins.

Une seconde expérience évaluait le rôle joué par la fréquence du voisinage des voisins orthographiques (Expérience 2). Le RSI de mots ayant plusieurs voisins orthographiques a été comparé à celui de mots ayant peu de voisins orthographiques, en nous assurant que le voisinage était moins fréquent que l'item cible. Les participants sains ont montré un effet de N sur le RSI c'est-à-dire, un meilleur RSI des mots ayant un N élevé que des mots ayant un N peu élevé. I.R., quant à elle, a montré un effet similaire à celui rapporté à l'expérience 1 puisqu'elle a moins bien rappelé les mots ayant plusieurs voisins orthographiques que les mots en ayant peu.

Enfin, une dernière expérience (Expérience 3) compare le RSI de voisins orthographiques et phonologiques (ou voisins phonographiques) au RSI de voisins phonologiques qui ne sont pas des voisins orthographiques. Encore une fois, les résultats des contrôles se distinguent de résultats de la patiente. Les participantes n'ayant pas d'atteinte neurologique rappellent mieux les voisins phonographiques que les voisins phonologiques. À l'inverse, I.R. montre un taux de RSI plus faible pour les voisins phonographiques que pour les voisins phonologiques dissimilaires au plan orthographique.

#### **4.2.2. Implications Théoriques**

Les données de ce second article appuient le rôle des représentations orthographiques dans la rétention d'un matériel verbal lu. En effet, les résultats obtenus chez la patiente suggèrent qu'elle utilise de manière consistante le code orthographique lorsqu'elle doit rappeler de courtes séries d'items verbaux présentés

visuellement. Chez I.R., la densité du voisinage orthographique des stimuli nuit à leur RSI. La présentation de mots ayant plusieurs voisins entraîne vraisemblablement leur co-activation, entraînant un effet inhibiteur sur la cible. Chez les contrôles, la densité du voisinage orthographique des stimuli apparaît, à l'inverse, faciliter le RSI, du moins dans certaines conditions de rappel. L'impact du code orthographique sur le rappel semble ainsi dépendre de la contribution relative des représentations phonologiques. Puisqu'un nombre important de voisins orthographiques sont également des voisins phonologiques, l'effet facilitateur de N pourrait s'expliquer par la contribution mutuelle des représentations orthographiques et phonologiques (Ziegler et al., 2003; Grainger et al., 2005). En effet, selon un modèle récent, l'existence d'une interface entre les représentations phonologiques et orthographiques pourrait rendre compte des effets particuliers du voisinage orthographique sur le traitement langagier (Ziegler et al., 2003; Grainger et al., 2005). De manière plus générale, plusieurs modèles connexionnistes postulent également une relation étroite entre les représentations orthographiques et phonologiques. Ainsi, le modèle de Plaut, McClelland, Seidenberg, & Patterson (1996), qui comprend trois niveaux de représentations (sémantique, orthographique et phonologique), soutient, par exemple, que le degré de consistance entre les codes phonologique et orthographique des mots permet de rendre compte de la vitesse selon laquelle ceux-ci sont lus.

Les résultats de ce deuxième article appuient le rôle du code orthographique en MCT verbale. Ils suggèrent qu'en plus des représentations phonologiques, lexicales et sémantiques, les représentations orthographiques contribuent au RSI. Ils apportent également des indications intéressantes quant à l'architecture et les règles

qui sous-tendent ce code en RSI. Les représentations orthographiques sont sollicitées lorsqu'un matériel verbal est présenté sous forme écrite. Elles semblent étroitement reliées à l'activation des représentations phonologiques. En effet, les résultats obtenus dans ce second article supportent l'hypothèse d'une interface entre les représentations orthographiques et phonologiques.

#### **4.2.3. Limites**

Au plan théorique, cette seconde étude tente d'établir un pont entre les données issues de la neuropsychologie de la mémoire et certaines théories de la neuropsychologie cognitive du langage. Le caractère original des expériences présentées complexifie cependant leur mise en relation avec la littérature existante. De plus, une évaluation plus systématique de l'usage du code orthographique chez I.R. aurait pu permettre d'élargir la portée théorique de notre étude. En particulier, il aurait été pertinent d'investiguer l'impact de la densité du voisinage orthographique chez I.R. à l'aide de tâches de langage expressif et réceptif. Ce faisant, des parallèles entre les mécanismes qui sous-tendent la rétention à court terme verbale et le traitement du langage auraient pu être établis plus solidement.

Certaines faiblesses méthodologiques doivent également être soulignées. Ainsi, l'impact de la densité du voisinage phonologique n'a été testé que lors de la première expérience, ce qui réduit la portée de nos résultats en ce qui a trait à la manipulation de cette variable. Il aurait également été pertinent de comparer de façon distincte l'impact de N pour des stimuli peu fréquents et pour des stimuli très fréquents, à l'instar d'autres auteurs (Allen & Hulme, 2006). De même, dans l'Expérience 2, nous avons choisi d'utiliser comme stimuli les mots les plus fréquents



pris à même différents voisinages orthographiques. Une autre option aurait été de comparer plus systématiquement l'impact de la densité de N en croisant la fréquence du voisinage orthographique (haute fréquence du voisinage vs faible fréquence). Enfin, les résultats de l'Étude 3 posent certains défis d'interprétation en ce sens qu'elle teste le RSI de différents voisinages (orthographiques vs phonographiques), une variable qui, manipulée de cette façon, pose également la question de l'impact de la similarité visuelle des items présentés.

### **4.3. Implications Cliniques Générales de la Thèse**

La première mouture du modèle de la mémoire de travail (Baddeley, 1986) constitue, encore aujourd'hui, l'un des cadres théoriques les plus utilisés par les neuropsychologues cliniciens. De même, la tâche la plus souvent préconisée par ces derniers pour évaluer la MCT verbale demeure incontestablement l'empan de chiffres. Rarement la MCT verbale est-elle mise en relation avec les performances langagières. Sans rejeter les avantages indubitables du modèle de la mémoire de travail (e.g. Baddeley, 1986), les données de cette thèse questionnent une certaine tendance à la standardisation des méthodes d'évaluation et d'interprétation, particulièrement lorsque des difficultés langagières sont suspectées.

Selon l'approche psycholinguistique, un résultat déficitaire aux tâches évaluant la MCT verbale découle d'une lésion affectant le maintien du processus d'activation d'un niveau de représentations de mots, une hypothèse qu'appuient les données de la présente thèse. Le présent travail suggère ainsi qu'en plus de mesurer les « capacités » de rétention à court terme verbale, l'on devrait également s'interroger quant à la nature du déficit sous-jacent. En d'autres termes, l'intégrité des mécanismes qui sous-tendent

la MCT verbale ne devrait pas être évaluée indépendamment des mécanismes de traitement du mot. Dans le même ordre d'idée, puisque l'évaluation du langage est généralement réservée aux orthophonistes, et que l'évaluation de la MCT verbale est réservée aux neuropsychologues, une collaboration étroite entre ces différents professionnels devrait être favorisée.

Du point de vue de la réadaptation, les données résultant de la présente thèse permettent d'émettre l'hypothèse plus générale que certaines interventions pourraient non seulement avoir un impact favorable sur les habiletés langagières mais également sur les performances mnésiques. Dans le cas d'un patient cérébrolésé qui présente un déficit de la rétention à court terme verbale, il pourrait s'agir, dans un premier temps, d'identifier la nature de l'atteinte langagière sous-jacente (e.g. phonologique). Dans un second temps, il pourrait s'avérer judicieux pour le clinicien de favoriser l'utilisation des codes alternatifs (e.g. sémantique, orthographique) en induisant, par exemple, des stratégies de rétention mnésique adaptées. Une autre possibilité consiste plutôt à rehausser le niveau d'activation des représentations lésées par le biais d'interventions ciblées.

Ainsi, des résultats issus d'une étude de cas réalisée par Majerus (2005) suggèrent que ce type d'intervention puisse s'avérer efficace chez des patients qui présentent des troubles de rétention immédiate reliés à une atteinte phonologique. La procédure employée par cet auteur auprès de la patiente visait à restaurer et à stabiliser la vitesse d'activation des représentations phonologiques via des tâches de répétition à court terme différée de mots et de pseudomots. Les améliorations qualitatives et

quantitatives observées chez cette dernière après plusieurs mois de traitement appuient la pertinence d'explorer davantage cette nouvelle avenue de recherche.

#### **4.4. Perspectives Futures**

L'un des principaux défis pour l'application de l'approche psycholinguistique de la rétention à court terme verbale (Martin & Saffran, 1997; R. Martin et al., 1999) en clinique est qu'elle ne tient pas en compte du rôle des fonctions exécutives dans la mémorisation à court terme. En ce sens, elle ne peut rendre compte des atteintes observées dans les pathologies qui se caractérisent par une atteinte attentionnelle (e.g. démence de type Alzheimer). Les modèles futurs devront donc tenter d'examiner de façon plus systématique les interactions entre les niveaux de traitements langagiers et une éventuelle composante attentionnelle dans le RSI. À cet effet, il importe néanmoins de mentionner que des modèles récents, tel celui de Majerus (2009), comprennent des mécanismes permettant d'allouer de façon différentielle les ressources attentionnelles aux différentes sous-composantes du modèle en fonction des contingences de la tâche. Ce mécanisme autorise l'élaboration d'hypothèses quant au rôle du contrôle attentionnel en MCT verbale. En ce sens, il se rapproche du modèle de la mémoire de travail de Baddeley qui lui aussi, impliquant des interactions fortes entre les composantes de maintien et une composante attentionnelle. Du point de vue de l'approche psycholinguistique, les relations entretenues entre le système lexical et les fonctions exécutives demeurent toutefois mal définies, à ce stade.

Dans sa forme actuelle, l'approche psycholinguistique permet difficilement d'élaborer des hypothèses quant aux relations entretenues entre les mécanismes qui sous-tendent la rétention à court terme verbale et les autres mécanismes de rétention

mnésique. Bien que les modèles psycholinguistiques autorisent des prédictions précises quant aux mécanismes qui régissent la rétention à court terme verbale, ils ne permettent pas d'inférer comment ces mécanismes s'insèrent dans un système mnésique plus large, pouvant rendre compte à la fois de la rétention à court et à long terme. L'approche procéduraliste pourrait contribuer à une meilleure articulation entre les modèles propres à la rétention à court terme et la rétention à long terme. Cette approche suggère que le code traité dans le contexte d'une tâche de mémoire dépend de systèmes de traitement de l'information, et que ceux-ci sont impliqués dans la réalisation de la tâche mnésique. Toutefois, bien qu'elle propose un cadre théorique plus vaste, l'approche procéduraliste ne permet pas facilement d'opérationnaliser les hypothèses qu'elle génère.

Parmi les perspectives de recherche future, l'évaluation de l'approche psycholinguistique de la mémoire chez des patients qui présentent des démences est un secteur de recherche à suivre, qui permettra d'élargir la portée théorique et clinique de cette conception de la mémoire. La mise en évidence de corrélations entre des effets orthographiques observés lors de tâches de langage et de tâches de MCT verbale pourrait constituer une seconde étape dans l'évaluation du rôle du code orthographique dans la mémorisation à court terme d'un matériel verbal présenté visuellement. De même, et tel que suggéré précédemment, l'exploration de programmes d'intervention cognitive basée sur l'approche psycholinguistique de la mémoire constitue une étape cruciale dans l'évaluation de la pertinence clinique de cette approche. Enfin, mentionnons que les techniques de neuroimagerie fonctionnelle et les analyses de connectivité permettent désormais d'investiguer les prédictions des modèles

psycholinguistiques par le biais de paradigmes qui testent leur correspondance au plan de l'architecture cérébrale. Certains chercheurs tentent, par exemple, d'appuyer la contribution des représentations linguistiques en mémoire à l'aide de données issues de la neuroimagerie fonctionnelle (e.g. R. Martin et al., 2003). À l'inverse, un nombre croissant de théoriciens tiennent compte de l'état des connaissances actuelles en ce qui a trait à l'organisation fonctionnelle du cerveau dans l'élaboration de leur modèle (Gupta, 2003; Majerus, 2009). La mise à jour de ces réseaux complexes appuie la contribution des mécanismes du langage lors de tâches de MCT verbale (e.g. Collette et al., 2001). Ces études élargissent également le champ des données empiriques sur lesquelles s'appuie l'élaboration des modèles théoriques.

#### **4.5. Conclusion**

De façon générale, les résultats obtenus dans le contexte de cette thèse appuient une conception psycholinguistique et procéduraliste de la mémoire. Selon cette approche, la nature du code traité dans le contexte d'une tâche donnée décide des systèmes de traitement de l'information qui participent à la réalisation de la tâche. Ainsi, la mémorisation à court terme d'items verbaux et le traitement du langage dépendent de mécanismes communs et mettent à contribution différentes représentations linguistiques. La contribution de différentes représentations linguistiques a été mise en évidence chez I.R., une patiente cérébrolésée qui présente une atteinte du traitement phonologique de l'information verbale et qui, selon le contexte de rappel, fait appel à d'autres codes (e.g. sémantique) pour réaliser les tâches destinées à évaluer la MCT verbale. Les données appuient également l'idée selon laquelle des mécanismes responsables du traitement de l'information sérielle devraient être

postulés pour rendre compte adéquatement de la rétention à court terme verbale. De plus, elles suggèrent que les représentations orthographiques contribuent à la mémorisation d'informations verbales présentées visuellement. Bien qu'issue d'une tradition théorique de longue date, l'approche psycholinguistique demeure relativement novatrice. En ce sens, elle ouvre de nouvelles voies de recherche susceptibles de faire avancer les connaissances, et, ultimement, d'améliorer les évaluations et interventions cliniques.

## REFERENCES

- Alario, F.-X. & Ferrand, L., (1999). A set of 400 pictures standardized for French: norms for name agreement, image agreement, familiarity, visual complexity, image variability, and age of acquisition. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31, 531-552.
- Allen, R., & Hulme, C. (2006). Speech and language processing mechanisms in verbal serial recall. *Journal of Memory and Language*, 55, 64-88.
- Allport, D. A. (1983), Auditory-verbal short-term memory and conduction aphasia. In H. Bouma & D.G. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X : Control of language processes* (pp. 313-325). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Allport, D. A., Distributed memory, modular subsystems, and dysphasia. (1985). In S. K. Newman and R. Epstein (Eds), *Current perspectives in dysphasia* (pp. 32–60). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Andrews, S. (1989). Frequency and neighborhood effects on lexical access: Activation or search? *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory & Cognition*, 15, 802-814.
- Andrews, S. (1992). Frequency and neighborhood effect on lexical access: Lexical similarity or orthographic redundancy? *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory and Cognition*, 18, 234-254.
- Atkinson, R.C., & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory : A proposed system and its control processes. In Spence, K.W. & Spence, J.T. (Eds.), *The Psychology of Learning and motivation* (pp 89-195). New York : Academic Press.

- Baddeley, A.D. (1966a). The influence of acoustic and semantic similarity on long-term memory for word sequences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 302-309.
- Baddeley, A.D. (1966b). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic, and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 362-365.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423.
- Baddeley, A.D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7, 85-97.
- Baddeley, A.D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829-839.
- Baddeley, A.D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In G. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation: vol.8* (pp. 47-90). New York: Academic Press.
- Baddeley, A.D., Papagno, C., & Vallar, G. (1988). When long-term learning depends on short-term storage. *Journal of Memory and Language*, 27, 586-595.
- Baddeley, A.D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word-length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 13, 80-97.



- Baddeley, A.D., Vallar, G., Wilson, B (1987). Comprehension and the articulatory loop: Some neuropsychological evidence. In M Coltheart (Ed.), *Attention and Performance XII* (pp.509-529). Erlbaum: London.
- Baddeley, A. D., & Warrington, E.K. (1970). Amnesia and the distinctin between long and short-term memory. *Journal of Vernal Learning and Verbal Behavior*, 9, 176-189.
- Baudot, J. (1992). *Fréquence d'utilisation des mots en français écrit contemporain* (Word frequency in contemporary written French). Montréal: Presses de l'Université de Montréal.
- Béland, R., & Lecours, A.R. (1990). The MT-86- $\beta$  Aphasia Battery: A subset of normative data in relation to age and level of school education. *Aphasiology*, 4, 439-462.
- Béland, R., Bois, M., Seron, X., & Damien, B. (1999). Phonological spelling in a DAT patient: The role of the segmentation subsystem in the phoneme-to-grapheme conversion. *Cognitive Neuropsychology*, 16, 115-155.
- Belleville S., Caza, N. & Peretz, I. (2003). A neuropsychological argument for a proceduralist view of memory. *Journal of Memory and Language*, 48, 686-703.
- Belleville, S., Châtelois, J., Fontaine, S., & Peretz, I. (2002). Normes de la Batterie informatisée d'évaluation de la mémoire Memoria. Institut universitaire de gériatrie de Montréal.

- Belleville, S., Peretz, I., & Arguin, M. (1992). Contribution of articulatory rehearsal to short-term memory: Evidence from a case of selective disruption. *Brain and Language*, 43, 713-746.
- Best, W., & Howard, D. (2005). "The W and the M are mixing me up": Use of a visual code in verbal short-term memory tasks. *Brain and Cognition*, 58, 274-285.
- Brown, J. (1958). Some tests of the decay theory of immediate memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 10, 12-21.
- Brown, G.D.A., Preece, T., Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107, 127-181.
- Burgess, N., & Hitch, G.J. (1999). Memory for serial order: a network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, 106, 551-581.
- Campbell, R. & Butterworth, B. (1985). Phonological dyslexia and dysgraphia in a highly literate subject: A developmental case with associated deficits of phonemic processing and awareness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 435-475.
- Caplan, D. Rochon, E. & Waters, G.S. (1992) Articulatory and Phonological Determinants of Word Length Effects in Span Tasks. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A, Human Experimental Psychology*, 45, 177-1992.
- Caza, N. & Belleville, S. (1999). Semantic contribution to immediate serial recall using an unlimited set of items: Evidence for a multi-level capacity view of short-term memory. *International Journal of Psychology*, 34, 334-338.

- Caza, N., Belleville, S., & Gilbert, B. (2002). How loss of meaning with preservation of phonological word form affects immediate serial recall performance: A linguistic account. *Neurocase*, 8, 225-273.
- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J.T., & Bessner, D. (1977) Access to the internal lexicon. In S. Dornic (Ed.), *Attention and Performance* (Vol.6, pp.535-555). Hillsdale, NJ: Erlaum.
- Coltheart, V. (1999). Comparing short-term memory and memory for rapidly presented visual stimuli. *International Journal of Psychology: Special Issue on Short-term/Working Memory*, 34, 293-300.
- Coltheart, V., Mondy, S., Dux, P.E., & Stephenson, L. (2004). Effects of orthographic and phonological word length on memory for lists shown at RSVP and STM rates. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 4, 815-826.
- Conrad, R. & Hull, A.J. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55, 429-432.
- Content, A., Mousty, P., & Radeau, M. (1990). Brulex: Une base de données lexicales informatisée pour le Français écrit et parlé (A computerized lexical base for written and spoken French). *L'Année Psychologique*, 90, 551-566
- Craik, F.I.M., & Lockhart, R.S. (1972), Levels of processing : A Framework for Memory Research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Crowder, R.G. (1979). Similarity and order in memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 13; pp. 319-353). New York: Academic Press.

- Crowder, R.G. (1979). Similarity and order in memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 13; pp. 319-353). New York: Academic Press.
- Crowder, R.G. (1982). The demise of short-term memory. *Acta Psychologica*, 50, 291-322.
- Crowder, R.G. (1989). Modularity and Dissociations in Memory Systems. In E. Tulving, H.L. Roediger & F. Craik (Eds). *Varieties of Memory and Consciousness: Essays in Honour of Endel Tulving* (pp. 271-294). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Crowder, R.G. (1993). Short-term memory: Where do we stand? *Memory & Cognition*, 21 (2), 142-145.
- Cycowicz, Y.M., Friedman, D., Rothstein, M. & Snodgrass, J.G. (1997). Picture naming by young children: Norms for name agreement, familiarity and visual complexity. *Journal of Experimental Child Psychology*, 65, 171-237.
- Dell, G.S. (1986). A spreading activation theory of retrieval in language production. *Psychological Review*, 93, 283-321.
- Dell, G.S. & O'Seaghdha, P.G. (1992). Stages in lexical access in language production. *Cognition*, 42, 287-314.
- DeRenzi, E. & Faglioni, P. (1978). Normative data and screening power of shortened version of the Token Test. *Cortex*, 144, 41-49.
- Eustache, F., Lechevalier, B., & Viader, F. (2001). *Méthodes de neuropsychologie*. Bruxelles, De Boeck Université.

- Fallon, A.B., Groves, K. & Tehan, G. (1999). Phonological similarity and trace degradation in the serial recall task: when CAT helps RAT, but not MAN. *International Journal of Psychology*, 34, 301-307.
- Gathercole, S., & Baddeley, A.D. (1990). Development of vocabulary in children and short-term phonological memory. *Journal of Memory and Language*, 28, 200-213.
- Glanzer, M., & Cunitz, A.R. (1966). Two storage mechanisms in free recall, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 351-360.
- Glenberg (2001). What Language Needs From Memory (and Vice Versa). In H.L. Roediger, S., Nairne, I. Neath, And A. Surprenant (Eds), *The Nature of Remembering: Essays in Honor of Robert G. Crowder* (pp. 351-369). Washington, APA Press.
- Goh, W. D., & Pisoni, D.B. (2003). Effects of lexical competition on immediate memory span for spoken words. *The Quarterly Journal of experimental psychology*, 56A (6), 929-954.
- Goodglass, H. & Kaplan, E. (1972). *The assessment of aphasia and related disorders*, Philadelphia: Lea & Febiger.
- Grainger, J. (1990). Word frequency and neighborhood frequency effects in lexical decision and naming. *Journal of Memory and Language*, 29, 228-244.
- Grainger, J., & Jacobs, A.M. (1996). Orthographic processing in visual word recognition: A multiple read-out model. *Psychological Review*, 103, 518-565.

- Grainger, J. Muneaux, M., Farioli, F., & Ziegler, J.C. (2005). Effects of phonological and orthographic density interact in visual word recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 58A, 6, 981-998.
- Griffith, T., Rees, A., Witton, C., Cross, P., Shakir, R., & Green, G. (1997). Spatial and temporal auditory processing deficits following right hemisphere infarction: A psychophysical study. *Brain*, 120, 785-794.
- Griffiths, T.D., Penhume, V.M., Peretz, I., Dean, J.L., Patterson, R.D., & Green, G.G. R. (2000). Frontal processing and auditory perception. *NeuroReport*, 11, 919-922.
- Gupta, P. (2003). Examining the relationship between word learning, nonword repetition and immediate serial recall in adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A, 1213-1236.
- Gupta, P., Lipinski, J., & Aktunc, E. (2005). Reexamining the phonological similarity effect in immediate serial recall: The roles of type of similarity, category cuing, and item recall. *Memory & Cognition*, 33, 1001-1015.
- Gupta, P. & MacWhinney, B. (1997). Vocabulary acquisition and verbal short-term memory: Computational and neural bases. *Brain and Language*, 59, 267-333.
- Hebb, D.O. (1961). Distinctive features of learning in the higher animal. In J.F. Delafresnaye (Ed.), *Brain mechanisms and learning*(pp.37-46). London and New York : Oxford University Press.
- Hendry, L. & Tehan, G. (2005). An item and order analysis of word length and generation effects in the short-term domain, *Memory* 13, 364-371

- Henry, L. (2008). Short-term memory coding in children with intellectual disabilities. *American Journal of Mental Retardation*, 113, 187-200.
- Hitch, G., Woodin, M., Baker, S. (1989). Visual and phonological components of working memory in children. *Memory & Cognition*, 17, 175-185.
- Hitch, G., Halliday, S., Schaafstal, A, Schraagen, J. (1988). Visual working memory in young children. *Memory & Cognition*, 16, 120-132.
- Howard, D., & Nickels, L. (2005). Separating input and output phonology; semantic, phonological, and orthographic effects in short-term memory impairment. *Cognitive Neuropsychology*, 22, 42-77.
- Hulme, C., Mauhan, S. & Brown, G.D. (1991). Memory for familiar and unfamiliar words : Evidence for a long-term memory contribution to short-term memory span. *Journal of Memory and Language*, 30, 685-701.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Brown, G., & Mercer, R. (1995). The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86, 527-536.
- Hulme, C., Roodenrys, S., Schweickert, R., Brown, G.D.A., Martin, S., & Stuart, G. (1997). Word-frequency effects on short-term memory tasks: Evidence for a redintegration process in immediate serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 23, 1217-1232.
- James, W. (1890). *Principles of Psychology, Vol.1*, Henry Holt and Company (Eds), New York.
- Jarrold, C., Cocksey, J., & Dockerill, E. (2008). Phonological similarity and lexicality effects in children's verbal short-term memory: Concerns about the

interpretation of probed recall data, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 324-340.



- Jefferies, E.; Frankish, C.; Lambon Ralph, M. A. (2006). Lexical and semantic influences on item and order memory in immediate serial recognition: Evidence from a novel task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59, 949-964.
- Knott, R., Patterson, K., & Hodges, J.R. (1997). Lexical and semantic bonding effects in short-term memory: Evidence from semantic dementia, *Cognitive Neuropsychology*, 14, 1165-1216.
- Logie, R.H., Della Sala, Wynn, V., & Baddeley, A.D. (2000). Visual similarity effects in immediate verbal serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53A, 626-646.
- Luce, P.A., & Pisoni, D.B. (1998). Recognizing spoken words: The neighborhood activation model. *Ear and Hearing*, 19, 1-36.
- Majerus, S. (2009). Verbal short-term memory and temporary activation of language representations: the importance of distinguishing item and order information. In A. Thorn & M. Page (Eds.), *Interactions between short-term and long-term memory in the verbal domain*. London, UK: Psychology Press.
- Majerus, S., Van der Linden, M., Poncelet, M., & Metz-Lutz, M.N. (2004). Can phonological and semantic short-term memory be dissociated? Further evidence from Laudau-Kleffner syndrome. *Cognitive Neuropsychology*, 21, 491-512.
- Martin, N., & Saffran, E.M. (1992). A computational account of deep dysphasia: Evidence from a single case study. *Brain and Language*, 43, 240-274.

- Martin N. & Saffran, E.M. (1997). Language and auditory-verbal short-term memory impairments: Evidence for common underlying processes. *Cognitive Neuropsychology*, 70, 437-482.
- Martin, N., Saffran, E.M., & Dell (1996). Recovery in deep dysphasia: Evidence for a relation between auditory-verbal STM capacity and lexical errors in repetition. *Brain and Language*, 52, 83-113.
- Martin, N., Dell, G.S., Saffran, E.M. & Schwartz, M.F. (1994). Origins of paraphasias in deep dysphasia : Testing the consequences of a decay impairment to an interactive spreading activation model of language. *Brain and Language*, 47, 609-660.
- Martin, R.C., Lesch, M. & Bartha, M. (1999). Independence of input and output phonology in word processing and short-term memory. *Journal of Memory and Language*, 41, 3-29.
- Martin, R.C., & Romani. C. (1994). Verbal working memory and sentence comprehension: A multiple components view. *Neuropsychology*, 8, 506-523.
- Martin, R.C., Shelton, J. & Yaffee, L.S. (1994). Language processing and working memory: Neuropsychological evidence for separate phonological and semantic capacities. *Journal of Memory and Language*, 33, 83-111.
- Martin, R. C., Wu, D., Jackson, D., Freedman, M. & Lesch, M. (2003). An event-related fMRI investigation of phonological vs. semantic short-term memory. *Journal of Neurolinguistics*, 16, 341-360.
- Mathey, S. (2001). L'influence du voisinage orthographique lors de la reconnaissance des mots écrits. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 55, 1, 1-23.

- Melton, A.W. (1963). Implications of short-term memory for a general theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 2, 1-21.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97
- Milner, B. (1966). Amnesia following operation on the temporal lobes. In C.W.M. Whitty and O.L. Zangwill (Eds.), *Amnesia* (pp. 109-133). London : Butterworths.
- Monsell, S. (1987). Lexical input and output pathways. In A. Allport, D. Mackay, W. Prinz, & E. Scheerer (Eds). *Language Perception and Production*, London, UK: Academic Press inc.
- Murdock, B.B. (1976). Item and order information in short-term serial memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 105, 191-216.
- Murray (1967). The role of speech responses on short-term memory. *Canadian Journal of Psychology*, 21(3), 263-276.
- Nairne, J.S. (2002), Remembering over the short-term: The case against the standard model. *Annual Review of Psychology*, 53, 53-81.
- Nairne, J.S. & Kelley, M.R. (1999a). Reversing the phonological similarity effect. *Memory & Cognition*, 27, 45-53.
- Nairne, J.S. & Kelley, M.R. (1999b). Separating item and order information through process dissociation. *Journal of Memory and Language*, 50, 113-133.
- Neath, I. (1997). Modality, concreteness, and set-size effects in a free reconstruction of order task. *Memory & Cognition*, 25, 256-263.

- New, B., Pallier C., Brysbaert, M. & Ferrand L. (2004). Lexique 2: A new French lexical database. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 36, 3, 516-524.
- Papagno, C., & Vallar, G. (1995). To learn or not to learn: Vocabulary in foreign languages and the problem with phonological memory. In Campbell, R. (Ed), & Conway, Martin A. (Ed). *Broken memories: Case studies in memory impairment* (pp. 334-343). Blackwell Publishing.
- Patel, A.D., Peretz, I., Tramo, M., & Labrecque, R. (1998). Processing prosodic and musical patterns: A neuropsychological investigation. *Brain and Language*, 30, 331-347.
- Peereman, R., & Content, A. (1997). Orthographic and Phonological Neighborhoods in naming: not all neighbors are equally influential in orthographic space. *Journal of Memory and Language*, 37, 382-410.
- Peretz, I., Belleville, S. & Fontaine, S. (1997). Dissociations between music and language after cerebral damage: A new case of music deficits without aphasia. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51, 354-367.
- Peretz, I. & Gagnon, L. (1999). Dissociation between recognition and emotional judgment for melodies. *Neurocase*, 5, 21-30.
- Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy and isolation after brain damage. *Cognition*, 68, 111-141.
- Peterson, L.R., & Peterson, M.J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.

- Plaut, D.C., McClelland, J. L., Seidenberg, M.S., & Patterson, K. (1996). Understanding Normal and impaired word reading: computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 1, 56-115.
- Poirier, M. & Saint-Aubin, J. (1995). Memory for related and unrelated words: further evidence on the influence of semantic factors in immediate serial recall. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 48, 384-404.
- Roodenrys, S., Hulme, C., Lethbridge, A., Hinton, M., & Nimmo, M. (2002). Word-frequency and phonological-neighborhood effects on verbal short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 6, 1019-1034.
- Saffran, E.M. & Martin, N (1990). Short-term memory impairment and sentence processing: a case study. In Vallar, G. & Shallice, T. *Neuropsychological Impairments of short term memory* (pp. 428-447). Cambridge: Cambridge University Press.
- Saint-Aubin, J. & Poirier, M. (1999a). The influence of long-term memory factors on immediate serial recall: An item and order analysis. *International Journal of Psychology*, 34, 347-352.
- Saint-Aubin, J. & Poirier, M. (1999b). Semantic similarity and immediate serial recall: is there a detrimental effect on order information? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52A, 367-374.
- Saint-Aubin, J. & Poirier, M. (2000) Immediate recall of words and nonwords : Tests of the retrieval-based hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 7(2), 332-340.

- Scoville, W.B., & Milner, B. (1957). Lost of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 20, 11-21.
- Shallice, T., & Butterworth, B. (1977). Short-term memory impairment and spontaneous speech. *Neuropsychologia*, 15, 729-735.
- Shallice, T., & Vallar, G. (1990). The impairment of auditory short-term storage. In Vallar, G. & Shallice, T. *Neuropsychological Impairments of short term memory* (pp.11-53). Cambridge: Cambridge Univeristy Press.
- Shulman, H. G. (1971). Similarity effects in short-term memory. *Psychological Bulletin*, 75, 399-415.
- Vallar, G., & Baddeley, A.D. (1984a). Fractionation of working memory: evidence for a phonological short-term stock. *Journal of verbal learning anf verbal behavior*, 23, 151-161.
- Vallar, G., & Baddeley, A.D. (1984b). Phonological short-term stock, phonological processing and sentence comprehension: a neuropsychological case study, *Cognitive Neuropsychology*, 1(2), 121-141.
- Vallar, G., & Papagno, C. (1995). Neuropsychological Impairments of Short-Term Memory, In Baddeley, A.D., Wilson, B.A., & Watts, F.N. (Eds), *Handbook of Memory Disorders* (pp135-165), New York.
- Vallar, G., & Cappa, S.F. (1987). Articulation and verbal short-term memory: Evidence from anarthria. *Cognitive Neuropsychology*, 4, 55-77.

- Vitevich, M.S. (2002). Influence of onset density on spoken word recognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 28, 270-279.
- Walker, I. & Hulme, C. (1999). Concrete words are easier to recall than abstract: evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 25, 1256-1271.
- Warrington, E.K., Logue, V., & Pratt, R.T. (1971). The anatomical localisation of selective impairment of auditory verbal short-term memory. *Neuropsychologia*, 9, 377-87.
- Warrington, E.K., & Shallice, T. (1972). Neuropsychological evidence of visual storage in short-term memory tasks. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 30-40.
- Warrington, E.K., & Shallice, T. (1969). The selective impairment if auditory short-term memory. *Brain*, 92, 885-896.
- Wexler, B.E., & Halwes, T. (1983). Increasing the power of dichotic methods: The fused rhymed words test. *Neuropsychologia*, 21, 59-66.
- Whiteman, H.L., Nairne, J.S., & Serra, Matt (1994). Recognition and recall-like processes in the long-term reconstruction of order. *Memory*, 2, 275-294.
- Wolford, G., & Hollingsworth, S. (1974). Evidence that short-term memory is not the limiting factor in the tachistoscopic full-report procedure. *Memory & Cognition*, 2, 796-800.

- Yik, W.F. (1979). The effect of visual and acoustic similarity on short-term memory for Chinese words, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 30, 487-494.
- Zagar, D., & Mathey, S. (2000). When word with higher frequency neighbours become words with no higher frequency neighbours (or how to undress the neighbourhood frequency effect). In A. Kennedy, R. Radach, D. Heller & J. Pynte (Eds.), *Reading as perceptual process* (pp. 23-46). Oxford, England: Elsevier.
- Ziegler, J.C., Muneaux, M., & Grainger, J. (2003). Neighborhood effects in auditory word recognition: Phonological competition and orthographic competition. *Journal of Memory and Language*, 48, 779-793.



## **ANNEXES**